

國立交通大學
運輸與物流管理學系

碩士論文

航線航班預測模式之建構與應用

Development and Application of Models for Forecasting
Flight Frequencies in Air Routes

研究生：黃沛芊

指導教授：汪進財

中華民國一〇七年六月

航線航班預測模式之建構與應用
Development and Application of Models for Forecasting Flight
Frequencies in Air Routes

研 究 生：黃沛芊

Student：Pei-Chien Huang

指導教授：汪進財

Advisor：Jinn-Tsai Wong

國 立 交 通 大 學
運輸與物流管理學系
碩 士 論 文

A Thesis

Submitted to Department of Transportation and Logistics Management

College of Management

National Chiao Tung University

in Partial Fulfillment of the Requirements

for the Degree of

Master

in

Traffic and Transportation

June 2018

Taipei, Taiwan, Republic of China

中華民國一〇七年六月

航線航班預測模式之建構與應用

學生 黃沛芊

指導教授:汪進財 教授

國立交通大學運輸與物流管理學系 碩士班

摘要

近年來亞洲及中東地區航空客運市場成長迅速，開發潛在市場以闢駛新航點或增加現有航線航班數，對航空公司及機場當局而言極為重要，然而過去少有全面性探討這類議題的相關文獻，因此本研究旨在探究直飛航線與直飛航班數的影響因素，並建立模型應用於開發潛在航線市場。本研究運用 Innovata 2016 年航班資料庫及蒐集合適的變數，建立零膨脹負二項迴歸模型，研究結果發現起迄國家使用相同語言或有殖民關係、機場國際運量、機場所屬國家的綜合競爭力、起點機場基地航空公司機隊數、區域航線之迄點國家提供免簽待遇、機場為多機場區域主要機場、航線上有低成本航空營運、航線上共掛航班數占比對直飛航班數有正面且顯著的影響；而航線距離、位在多機場區域的機場之鄰近機場數、航線上樞紐機場個數則對直飛航班數有負面且顯著的影響。整體而言，模型解釋了 84.99% 的樣本，顯示模型足以應用在開發潛在市場，航空公司及機場當局可考量自身營運條件及目的地特性，進行後續的運用。

關鍵字:直飛航線、直飛航班數、潛在航線市場、零膨脹負二項迴歸模型

Development and Application of Models for Forecasting Flight Frequencies in Air Routes

Student : Pei-Chien Huang

Advisors : Dr. Jinn-Tsai Wong

Institute of Traffic and Transportation

National Chiao Tung University

Abstract

In recent years, air passenger market in Asia and the Middle East have growing rapidly. It is important for airline and airport operators to find potential markets to develop new air routes or increase flight frequencies in existing route. However, these issues are lack of comprehensive researches. Thus, this study aims to explore the factors affecting direct connections and direct flights, and build an econometric model to apply to the development of potential markets. Using Innovata 2016 flightdata and collected appropriate variables, Zero-inflated Negative Binomial Regression model was established. The results showed that departure country use the same language/have strong colonial links with arrival country, international passenger traffic at the airport, the competitiveness index of the country where the airport is located, fleet sizes of airport-based airlines, passengers from departure country do not require a visa to visit arrival country in regional route, the primary airport in multi-airport area, low cost carriers operate in the route, and code-sharing flights rate have positive and significant influence on direct flights. In contrast, the number of airports adjacent to the airport in the multi-airport area and the number of hub airports have negative and significant effects. In general, the model explained 84.99% of the sample, it means that the model could be applied in the development of potential market. Airlines and airport authorities may consider their own operating conditions and characteristics of destination for subsequent application.

Keywords: Direct connections, Direct flights, Potential route markets, Zero-inflated negative binomial regression model

誌謝

坐在研究室熟悉又凌亂的座位上，敲打著鍵盤為論文進行最後的潤飾，耳邊傳來同學的嬉鬧聲，隔著窗外是台北盛夏的酷熱，好在研究室的冷氣總是那麼涼，回想起去年此時的我在做研究的路上還跌跌撞撞，對現在論文即將完成仍感到有點不可思議。

兩年時光飛快的過去，回首求學的過程，首先要感謝恩師汪進財教授，在教授課程及討論論文的過程裡，傳授的不只是學業上的知識，還有做研究的正確態度以及邏輯推論的啟迪，老師常說：「不是要去研究答案，而是研究問題。」，錯誤的問題只會得到錯誤的答案，以前的我不習慣思考也害怕面對問題，在老師的磨練下能夠獨當一面地解決問題和完成論文，真的要非常感謝老師。另外感謝兩位論文審查委員蕭傑諭老師及鍾易詩老師，在審閱期間提供許多寶貴的意見，讓論文的內容更加完善。感謝柳姊、何姊、陳姊及警衛先生，總是不吝提供學生幫助；也感謝同是汪家的郁珍學姊、威勳學長及宇勤學姊，能夠互相討論幫我解開疑惑以及加油打氣；還要感謝好戰友們博元、意純、建忠、以萱、千珊、于真等同學，常常在研究室聊天、餵食和一起遊玩，很幸運能夠和大家相識相知，也祝福大家前程似錦。

謝謝魏禎，不只陪我做想做的事情，還總是在我偷閒的時候不厭其煩督促我寫論文，及協助我處理資料，能一起度過這段日子真是太好了；最後謝謝爸媽的支持與鼓勵，讓我能無後顧之憂的完成學業，謝謝外婆經常打電話找我去吃飯，能夠在寫論文焦頭爛額之餘吃到外婆做的菜真的很幸福。謹將這兩年的成果獻給一路上的所有人，謝謝你們。

黃沛芊 謹誌於
國立交通大學台北校區
中華民國一〇七年七月

目錄

中文摘要.....	i
英文摘要.....	ii
誌謝.....	iii
目錄.....	iv
表目錄.....	vi
圖目錄.....	vii
第一章 緒論.....	1
1.1 研究背景與動機.....	1
1.2 研究目的.....	4
1.3 研究範圍.....	4
1.4 研究流程與架構.....	6
第二章 文獻回顧.....	8
2.1 航網發展成因.....	8
2.1.1 航線開發.....	9
2.1.2 航線停飛.....	10
2.2 航空需求與供給的影響因素.....	11
2.2.1 航空需求影響因素.....	11
2.2.2 航線/航班數影響因素.....	16
2.2.3 供給-需求互動.....	20
2.3 航空網路.....	24
2.3.1 航空網路連結型態.....	24
2.3.2 連結度指標.....	26
2.4 小結.....	29
第三章 資料來源與研究方法.....	30
3.1 變數與資料來源.....	30
3.2 研究方法.....	36
3.2.1 卜瓦松迴歸模型.....	38
3.2.2 負二項迴歸模型.....	38
3.2.3 零膨脹模型.....	40
3.2.4 零膨脹卜瓦松迴歸模型.....	41
3.2.5 零膨脹負二項迴歸模型.....	41
第四章 資料處理與模式構建.....	43
4.1 資料處理及分析.....	45
4.2 皮爾森相關係數.....	54
4.3 零膨脹負二項迴歸模型建立.....	56
4.3.1 零膨脹負二項迴歸模型.....	57

4.3.1.1 參數估計結果-logit 部份.....	58
4.3.1.2 參數估計結果-負二項部份	59
4.3.2 修正後零膨脹負二項迴歸模型.....	59
4.3.2.1 修正後模型參數估計結果-logit 部份	63
4.3.2.2 修正後模型參數估計結果-負二項部份.....	65
第五章 結果分析與討論.....	69
5.1 開航判定標準設定	69
5.2 航班數預測值及預測區間.....	70
5.3 預測失準原因分析	72
5.3.1 亞洲及中東.....	72
5.3.2 歐洲.....	75
5.3.3 美洲.....	77
5.3.4 非洲及大洋洲	78
5.4 桃園機場潛力航線.....	79
5.4.1 桃園機場潛力航線預測結果.....	80
5.4.2 桃園機場潛力增班航線預測結果.....	81
5.5 小結	81
第六章 結論與建議.....	83
參考文獻.....	85
附錄.....	89

表目錄

表 1.1 2016 年全球各大洲客運量成長率	2
表 1.2 2015 國際客運量 TOP30 亞洲及中東機場與其可連結國際航點數.....	3
表 1.3 國際客運量 TOP200 之亞洲機場與中東機場.....	4
表 2.1 需求層面相關變數彙整	15
表 2.2 供給層面相關變數彙整	19
表 2.3 航空市場的影響因素	22
表 3.1 變數與資料來源表	35
表 4.1 變數代號及定義一覽表	43
表 4.2 使用相同語言/殖民關係分類.....	45
表 4.3 多機場區域列表	48
表 4.4 歐洲地區樞紐機場列表	51
表 4.5 亞洲地區樞紐機場列表	51
表 4.6 北美地區樞紐機場列表	52
表 4.7 航線上營運航空公司之特性	53
表 4.8 低成本航空與傳統航空經營航線之比較	53
表 4.9 起點機場之基地航空公司機隊數	54
表 4.10 皮爾森相關係數絕對值與相關程度	55
表 4.11 皮爾森相關係數矩陣	55
表 4.12 零膨脹負二項模型參數估計結果	57
表 4.13 修正後零膨脹負二項模型參數估計結果	62
表 4.14 修正後零膨脹負二項迴歸模型-logit 部份結果	64
表 4.15 修正後零膨脹負二項迴歸模型-負二項部份結果.....	66
表 5.1 分析結果矩陣	69
表 5.2 各組別航線最佳開航判定標準及最大預測準確率	70
表 5.3 各組航線航班數預測準確率	71
表 5.4 亞洲及中東區域航線不同航線距離之平均飛機大小	73
表 5.5 桃園機場潛在航線	80
表 5.6 桃園機場可增加航班之現有航線	81

圖目錄

圖 1.1 研究流程圖	6
圖 1.2 研究架構圖	7
圖 2.1 機場開發航線流程圖	9
圖 2.2 影響旅客需求的航空因素與非航空因素	10
圖 2.3 航線連結型態	25
圖 2.4 機場網路單元	25
圖 3.1 選取計數資料適用模型流程圖	37
圖 4.1 起迄國家競爭力指標與航班數之散佈圖	47
圖 4.2 迄點國家旅遊競爭力指標與航班數之散佈圖	48

第一章 緒論

1.1 研究背景與動機

日益成長的航空產業在社會經濟及國家政策發展中有著舉足輕重的地位，國際航空運輸協會(IATA) 2017 年發布的報告中指出航空產業對全球 GDP 貢獻了 3.5%，並提供了 6270 萬個工作機會；另一份報告更顯示亞太地區市場將長期增長，預計到 2030 年時，亞太航空客運量將大於北美及歐洲市場的總和，在 2035 年之前，航空產業將為亞太地區提供超過 7000 萬個工作機會及貢獻近 1.3 兆美元的產值(IATA,2017)。航空產業為國家、企業及社會創造極大的價值，航空市場規模預測有助於決策者在面臨變動的經濟環境下找出潛力市場，進行航線開發、班表規劃或場站設計等決策。

對於航空公司、機場、航線等不同的評估對象，市場規模的衡量方式有所不同，通常以客貨運量、航班頻率、航點數、延人公里等來表示其規模。客運量為最普遍的民航運輸市場規模衡量方式，可以直接反映旅客需求。根據國際機場協會(ACI)2017 年發布的報告(表 1.1)，全球航空客運量在 2016 年增加了 6.5%，達到 77 億人次，六大區域航空市場由於經濟發展程度、資源、人口等因素，發展速度、營運模式有所不同，拜人口基數、經濟發展等優勢所賜，以亞太地區 10.6% 的客運量成長率最高，達到 27 億人次，國際航空運輸協會 (IATA,2017) 更預測亞洲的新興市場未來會是航空產業發展核心；而中東地區憑藉著以杜拜機場為代表之樞紐策略，與其位於歐、亞、非洲交界處之地理位置優勢，以成長率 9.4% 居於第二。

表 1.1 2016 年全球各大洲客運量成長率(ACI,2017)

成長率排名	地區	2016/2015 成長率	客運量
1	亞太地區	10.6%	27.3 億
2	中東	9.4%	3.6 億
3	歐洲	5.2%	20.4 億
4	北美	3.8%	17.9 億
5	拉丁美洲	1.2%	5.8 億
6	非洲	0.4%	1.8 億

為了滿足逐漸增加的客運需求，航空公司增加航點、增加航班頻率或是指派容量更大的飛機以提高座位供給數，進一步觀察國際客運量 TOP30 中亞洲及中東之機場(表 1.2)，可見旅客量與航點數、航班數存在著一定的關聯。其中航班頻率為決定航空公司服務品質的主要因素，對航空公司而言，航線上的航班數反映出市場的活絡程度，了解未來潛力市場可避免錯投資源；對機場而言，抵達及離開機場的航班數(起降架次)關係著機場的服務容量，若跑道、停機坪、航管服務無法滿足起降的飛機數，則可能造成空中交通壅塞、航班延遲，甚至使航空公司降低使用該機場的意願，轉移到鄰近機場，若能準確預測未來可能的航班數，則能盡早投注資源擴建機場設施。因此航班數除了是了解一航線市場規模的重要指標，也能在機場管理層面有更大的參考作用，故本研究認為以航班數預測及評估航空潛力市場，以供相關單位營運上的參考依據，是一重要課題。

表 1.2 2015 國際客運量 TOP30 亞洲及中東機場與其可連結國際航點數

排名	國家	機場代碼	國際旅客量(2015)	可連結國際航點數(2016)	起飛之國際航線航班數
1	阿拉伯聯合大公國杜拜	DXB	77,453,466	221	162455
3	香港	HKG	68,071,282	153	171490
6	新加坡	SIN	54,836,000	133	169134
8	韓國	ICN	48,720,319	142	124332
9	土耳其	IST	41,998,251	127	112905
10	泰國	BKK	43,251,807	124	113594
11	台灣	TPE	38,104,007	109	100759
13	馬來西亞	KUL	34,438,229	106	102272
16	日本	NRT	30,547,564	101	86969
20	卡達	DOH	30,906,066	N/A	N/A
24	土耳其	AYT	20,863,040	102	17413
29	中國	PVG	23,426,603	92	92095

(資料來源:本研究整理)

一般而言，航空公司基於客運需求的預測結果來決定航線上的航班數，並依據時間帶的分配、旅客需求的時段分佈、機隊資源安排航班數及規劃航班時刻，以最大化利潤。回顧過去相關文獻，多以探討航空公司之航班供給與旅客需求間的互動為主 (Hsu & Wen,2003；Takebayashi,2011)，少有研究探討航線上航班數背後之影響因素，因此本研究試圖以機場航空網路觀點，透過建立計量模型分析影響航班數的因素，並以結果解釋航線上的航班數供給規模。

1.2 研究目的

本研究以機場航空網路觀點，針對亞洲地區之機場建立一航班數計量模式應用於預測航空潛力市場，研究目的如下：

- 1、探討影響航線航班數之因素
- 2、建立航線航班數預測模式
- 3、航線航班數預測模式應用與分析

1.3 研究範圍

如前所述，個別機場客運量成長率 TOP30 有泰半位於亞洲，同時亞洲機場平均客運量成長率也居於全球之冠，其次則為中東國家之機場。因此本研究之研究對象為亞洲地區及中東地區機場連結到全球機場國際客運量前 200 名之機場，以國際客運量前 200 名之機場為依據，挑選出亞洲地區及中東地區機場共 57 座，如表 1.3 所列；另外因地理因素及文化因素考量，將客運量 201 名至 400 名之亞洲機場亦納入連結研究範圍。本研究之資料來源為 Innovata 資料庫 2016 之定期航班資料。

表 1.3 國際客運量 TOP200 之亞洲機場與中東機場

區域	國家	機場代碼
中國	中國	PVG、PEK、TAO、 SHE、CAN、CTU、 XMN、NKG、KMG、 CKG、HGH、WUH、 SHA、SZX、TSN、XIY
北亞	俄羅斯	SVO、DME、LED、 VKO
東北亞	香港	HKG
	澳門	MFM
	台灣	TPE、KHH

	韓國	ICN、PUS、GMP、CJU
	日本	KIX、HND、NGO、 FUK、OKA、CTS
東南亞	馬來西亞	KUL、PEN、BKI
	緬甸	RGN
	菲律賓	MNL、CEB、KLO、 CRK
	新加坡	SIN
	泰國	BKK、HKT、DMK、 CNX、KBV
	越南	SGN、HAN、DAD
	印尼	CGK、DPS、KNO、 SUB、BDO
南亞	馬爾地夫	MLE
	尼泊爾	KTM
	巴基斯坦	KHI、LHE
	印度	DEL、BOM、MAA、 COK、BLR
中東	阿拉伯聯合大公國	DXB、AUH、SHJ
	沙烏地阿拉伯	JED、RUH、DMM、 MED
	土耳其	IST、AYT、SAW、 DLM
	巴林	BAH
	伊朗	IKA
	以色列	TLV
	約旦	AMM
	黎巴嫩	BEY
	阿曼	MCT
	卡達	DOH
	科威特	KWI

1.4 研究流程與架構

依據前述之研究課題、目的與範圍，本研究之流程與架構分述如圖 1.1 及 1.2 所示。

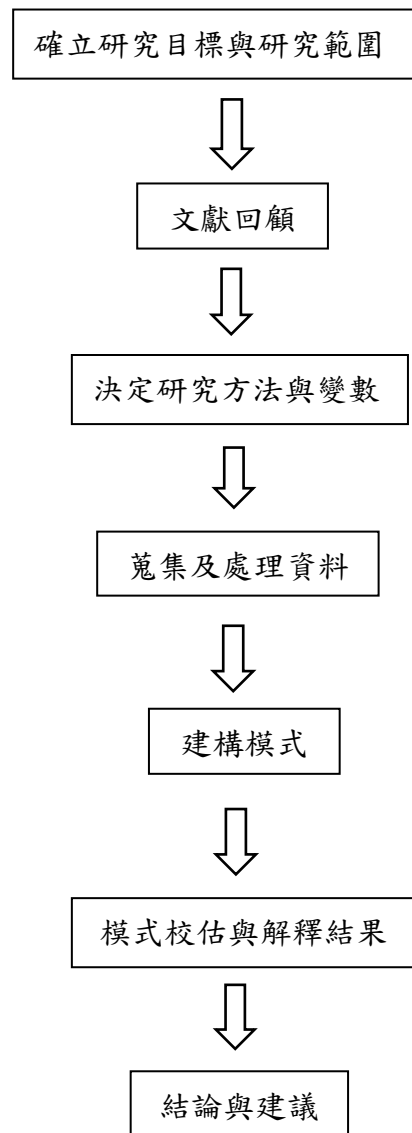


圖 1.1 研究流程圖

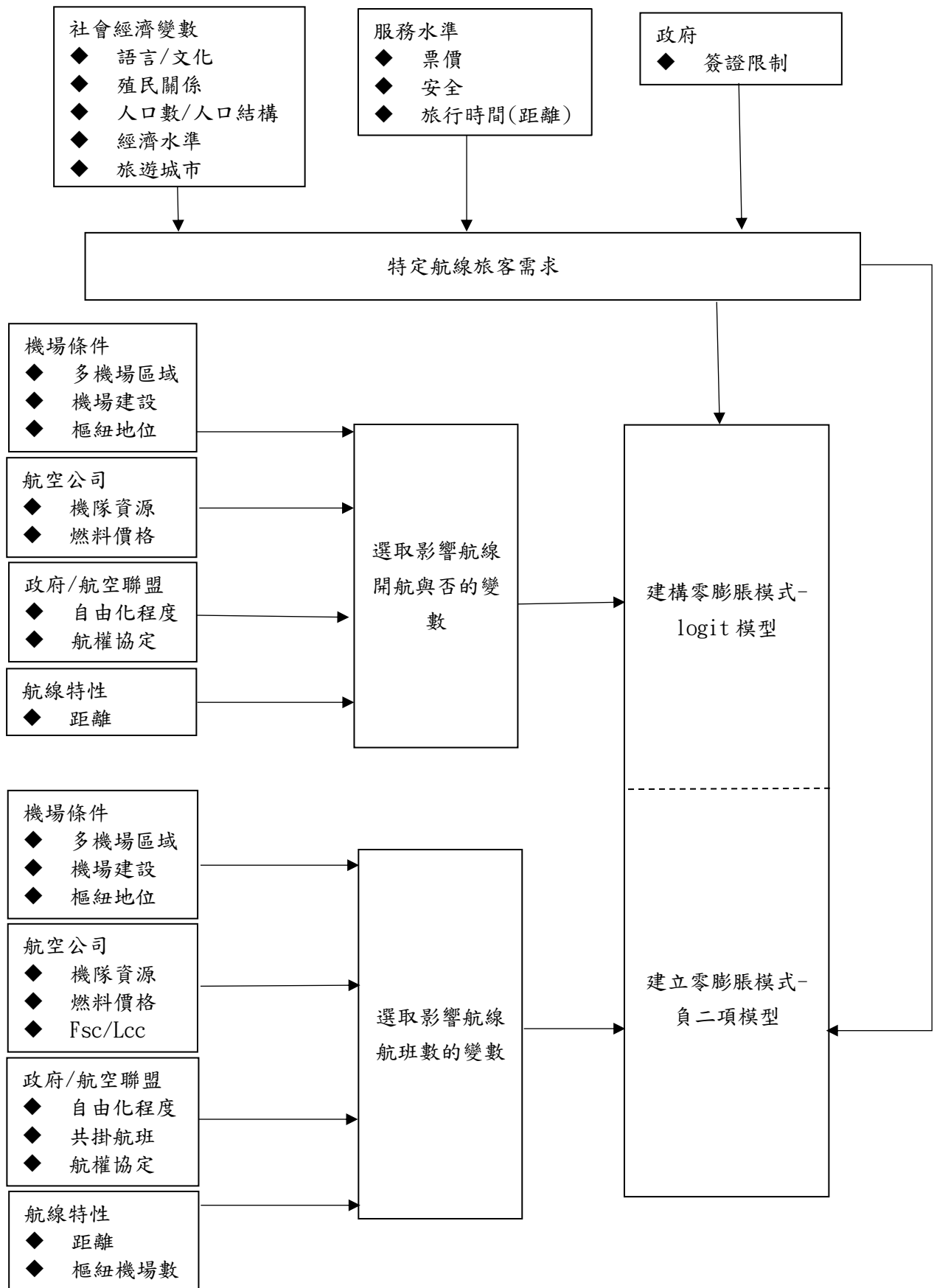


圖 1.2 研究架構圖

第二章 文獻回顧

本研究以機場航空網路觀點，建構航空潛力市場預測模式，以航班數做為衡量航線發展潛力之指標。相關文獻回顧主要分為三個部份，第一部份首先回顧航網發展成因，了解航線開發與停飛的過程，以及主要決策者為何。從中發現旅客需求為影響航線規劃的關鍵因素，當旅客需求達一定程度，航空公司較願意開航或是增加航班，因此影響需求的因素同時也會影響到航班數，故第二部份先探討航空旅客需求的影響因素，接著探討影響開航機率或是航班數的其他因素，並歸納整理出文獻使用的變數。在做完前述回顧後發現機場連結度對航空需求及供給有所影響，為了更了解機場連結度指標建構的過程，第三部份回顧航空網路的類型，以及了解機場連結度指標如何被建立及應用，最後再進行總結。

2.1 航網發展成因

政府、航空公司、機場是影響航網發展的關鍵角色(Lohmann et al.,2009)，以下將個別闡述三者航線開發中的影響：開闢及經營航線係航空公司的營利方式，航空公司對於航網布局最具影響力；在幅員廣大的國家，即便部份偏遠地區的小機場客源不足，經營不善，政府仍會基於公共利益要求航空公司開航，以保障偏遠地區居民最低限度的聯外交通(Zhang et al.,2016)；越來越多機場在航線發展中由被動轉為主動的角色，許多機場會參與旅遊博覽會，試圖行銷機場，以影響航空公司的決策，使航空公司願意開航或是增加航班，如 2014 年在芝加哥舉辦的 Routes，有 3000 個機場、300 個航空公司及 200 個旅遊相關單位參加(Halpern& Graham,2016)。

2.1.1 航線開發

開發航線的決策背後考量的往往受到航空自由化程度、經濟發展、文化背景、機場地理區位等因素左右，Halpern& Graham(2016)提出機場開發航線的流程，如圖 2.1，機場在確立願景、企業價值後，對市場進行調查，如界定機場的服務範圍、評估營運環境(政治、文化、管制規定)，找出還沒有服務或是未被充分服務的航線，並透過 QSI 分析發展機會及評估財務可行性，接著進行航線開發活動，利用網際網路或是博覽會與航空公司會面，並尋求與不同利益關係人合作的機會，最後在執行時，需持續地檢討及改善雙方合作的過程，以因應不斷變化的商業環境。

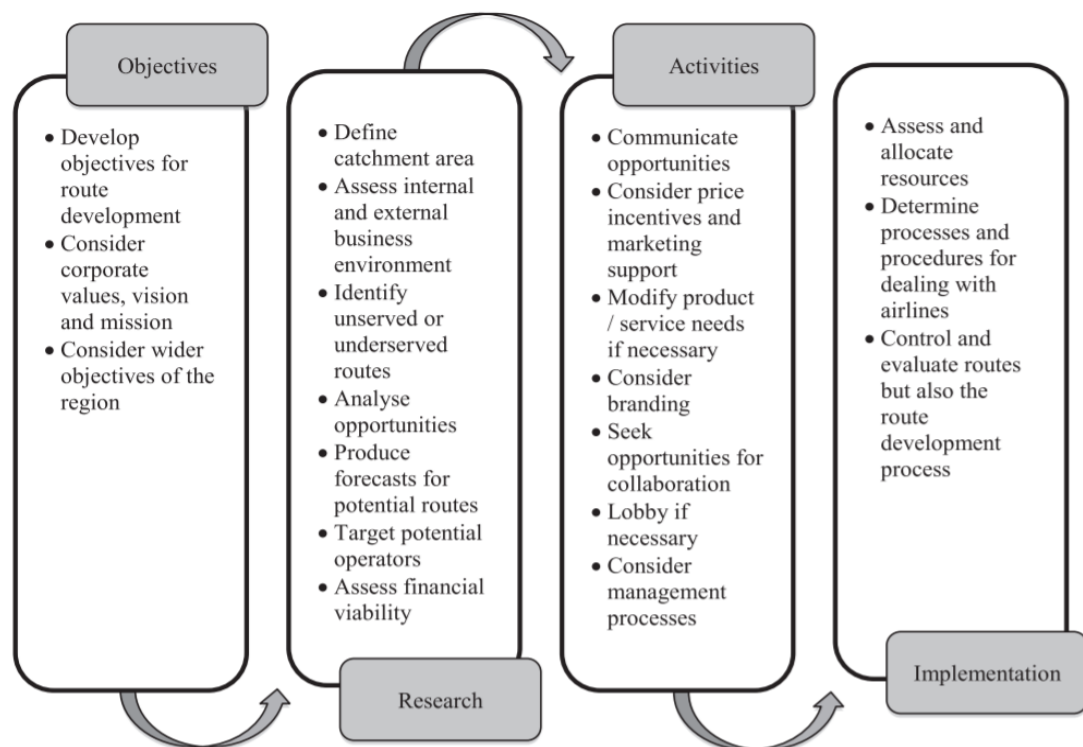


圖 2.1 機場開發航線流程圖

資料來源: Halpern& Graham(2016)

2.1.2 航線停飛

Lohmann&Vianna (2016)探討航空因素及非航空因素如何影響旅客需求，而造成航線停飛(圖 2.2)，航空因素包含票價、服務品質、機場壅塞、機場競爭等，非航空因素又稱為地緣經濟因素，如其他運具競爭、社會經濟環境、政治穩定度、季節等，其中有些因素會互相影響，如其他運具競爭、其他航空公司或機場競爭、服務品質等皆會影響票價，從而影響需求；其以澳大利亞國內定期航線為例，研究以訪談利益關係人方式進行，並分析機場、航空公司和觀光局（DMO）間的業務關係和為了避免航線停飛的談判流程，研究認為需求雖影響航線停飛甚大，然而需求為其他眾多因素如季節、社經因素的結果，受訪人並沒有特別提到地緣關係與航空公司商業策略的影響。在避免航線停飛方面，澳洲觀光局扮演極為重要的角色，在澳洲國內市場，機場主要與觀光局合作利用資源與行銷以促進需求，此外，為了服務較偏遠的地區，澳洲觀光局會提出補貼政策以避免航線停飛。

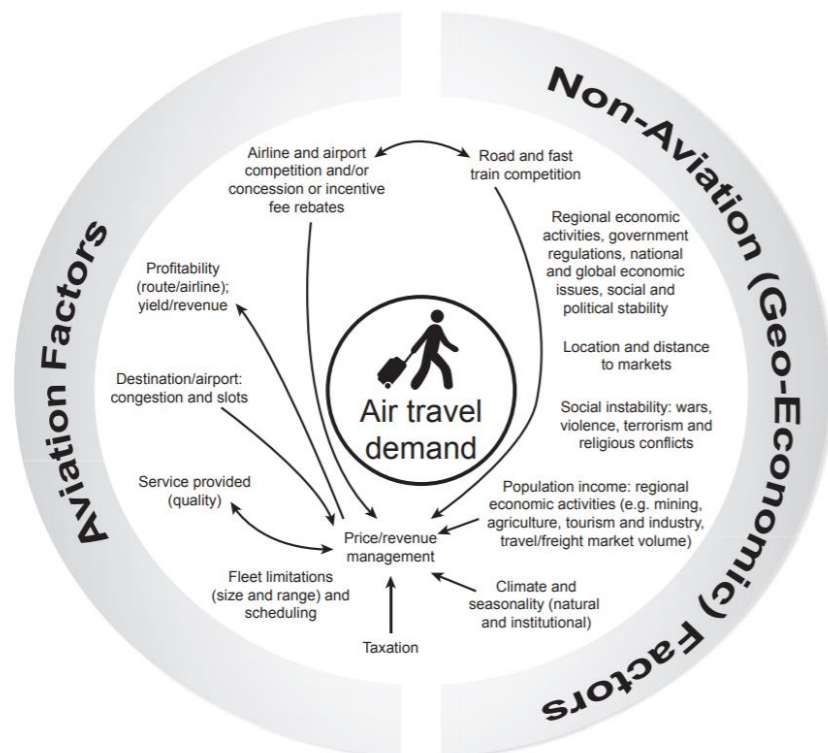


圖 2.2 影響旅客需求的航空因素與非航空因素

資料來源: Lohmann&Vianna (2016)

2.2 航空需求與供給的影響因素

2.2.1 航空需求影響因素

需求是影響航線開發與停飛的主因，航空公司在開發航線的過程中也必須思索要如何規劃航班頻率及航班時間、安排機隊以滿足旅客需求，因此可以說影響需求的因素亦是間接或直接影響航班數的因素。本節回顧航空需求相關文獻，分為兩部份，首先回顧旅客選擇相關文獻，了解旅客如何在不同機場/航空公司條件下進行選擇；第二部份則回顧需求運量預測相關文獻，藉以找出影響航班數的潛在變數。

2.2.1.1 旅客個體選擇行為

本節回顧旅客個體選擇行為相關文獻，了解有哪些因素會影響旅客在旅行時對機場/航空公司的選擇。Loo(2008)探討在珠江三角洲多機場區域的旅客如何在不同的機場條件下選擇出發機場，珠江三角洲具有多機場(香港機場、廣州機場、深圳機場、珠海機場、澳門機場)、高度依賴公共運輸及缺乏低成本航空的特性(Loo et al,2005)。研究挑選 15 條航線的 25 個航班、共 10 間航空公司的旅客，對香港出發的旅客進行敘述性偏好調查。研究在問卷中列出影響旅客選擇的八個機場服務變數，包含機場的公共運輸數量、市中心到機場所需的時間、市中心到機場所需的成本、航空公司的數量、航班頻率、航班票價、機場免稅店區域及報到櫃檯的等候時間，讓旅客比較機場間的服務變數，以多項羅吉特對問卷調查結果進行分析。研究結果發現市中心到機場所需的時間、航班頻率、航班票價為影響旅客選擇機場的重要因素；商務旅客較重視市中心到機場所需的時間及航班頻率，而休閒旅客則較重視票價；長程航線旅客較重視航空公司數、中程航線旅客較重視免稅店區域，而短程旅客認為機場的公共運輸數量較重要。

Jung&Yoo(2014)使用多項羅吉特模型及巢狀羅吉特模型，探討影響韓國國內短程商務及休閒旅客選擇搭乘傳統航空、低成本航空或是高速鐵路的因素，這項研究透過敘述性偏好法對仁川國際機場的 4200 個旅客進行調查，多項羅吉特模型及巢狀羅吉特模型的結果皆顯示票價、場站可及時間和旅行時間顯著影響旅客選擇行為，當票價越貴、場站可及時間越長、旅行時間越長，旅客越不會選擇該項運具，係數結果亦顯示對國內短程旅客而言，縮短場站可及時間比減少旅行時間更為重要。此外研究亦估計時間價值(Value of time)和可及時間價值，商務旅客和休閒旅客的時間價值分別為\$10.7/小時和\$7.9/小時，而商務旅客和休閒旅客分別願意花費\$22.4 即\$21.8 以減少一小時的場站可及時間，再次表明對國內旅客而言，縮短場站可及時間比旅行時間更重要。

2.2.1.2 需求運量預測

根據 Wang&Song(2010)之研究，航空需求預測模型相關文獻可大致分為三類:定性研究、定量研究、人工智慧方法，其中定性研究較側重於人們或是專家的主觀意見及經驗；定量研究則注重以統計資料對依變數的數量變化進行分析，大略可分為時間序列預測法及因果分析法，前者依歷史資料的趨勢尋找市場變化的規律，後者則找出需求的重要影響因素以預測需求；人工智慧方法則有類神經網路模型。本研究欲探討航線航班數背後的影响因素，使用 2016 年航班資料，故不涉及時間序列，因此回顧的文獻以因果分析法為主，由於航班數的決策受起迄需求運量影響甚大，本研究藉由需求預測文獻整理歸納出影響需求的重要因素，並探討這些因素是否適合用以預測航線航班數。

重力模型是被廣泛使用的模型之一，重力模型經常被用在分析雙邊客運量如機場對、城市對、國家對之客運量的研究中，探討影響雙邊客運量的推力及拉力，因交通乃衍生性需求，與人口活動息息相關，因此人口及經濟產出為常用的變數，

而距離為基本的地理變數，理論上人口數越多及經濟活動越繁盛的地區，會產生越多的交通量，距離越遠則會帶給交通量負面的影響。

Chang(2012)建構重力模型以及 CART 決策樹兩種模型，探討亞太經合組織中國家對之間航空客運流量的影響因素，第一個模型採用距離、人口、語言、GDP、人均收入、年進口額、消費者物價指數、失業率為自變數，結果指出由於國家對間的距離越遠，表示花費的交通費越高、旅行時間越長，因此對運量的影響為負面，此外起迄國家失業率及迄點國家的消費者物價指數亦對運量產生負面影響；第二個模型使用 CART 方法採用的最小平方偏差準則分割節點，有六個變數在分割時是重要的節點：進出口額、GDP、失業率、人均收入、人口和距離，結果指出起點國家的進口額是劃分航線流量的最佳變數，在重力模型中顯著的語言變數在 CART 決策樹分割節點時不是重要的變數。

Zhang et al.(2017)使用中國國內三大航空公司的季度資料，分析高速鐵路進入中國國內市場後，對國內航空需求及需求價格彈性的影響，並分別探討距離在高鐵及航空公司的競爭中造成的差異，以及高鐵的進入如何影響高運量及低運量航線。作者建立兩個對數線性模型，分別討論高鐵進入市場前後，航空需求及收益的變化，以及高鐵的營運特性對航空需求的影響。研究結果發現高鐵開始營運後，航空需求及收益皆明顯下降，尤其以中短途航線與低運量航線受到最多影響，此外，旅客的需求彈性變得更有彈性；在高鐵的營運特性變數中，高鐵與航空的價差是對航空需求最重要的影響因素，其次是高鐵旅行時間及高鐵班次頻率。

Grosche et al.(2007)發展了 Basic gravity model 及 extended gravity model 兩種重力模型估計德國與 28 個歐洲機場間的航空客運流量，前者皆採用經濟變數及地理變數，即人口、機場服務範圍、購買力指數、GDP、距離、平均飛行時間，

並排除掉低成本航空服務的航線及多機場區域，以減少因沒有採用票價及多機場競爭帶來的影響；extended gravity model 則在原本的模型中再加入多機場競爭變數，即給定範圍內的競爭機場數目、競爭機場的平均距離等。其研究結果顯示，距離的係數為正，與一般認知的距離對兩地運量會產生負面影響的假設恰相反，係因距離與平均飛行時間高度相關，若模型存在共線性關係，則其係數不能被解釋。

Tsui&Fung(2016)研究了 2001-2012 年期間香港國際機場客運網路的變化，採用香港客運量排名前 45 且客運量佔總體 85%的航線，並利用重力模型來探討影響客流量的關鍵因素，除了文獻中整理出的變數外，作者發現以香港為基地的航空公司中在 2012 年主導了 33 條重要航線，其中國泰航空便佔了 30%的運量，因此作者認為其密布的航空網路對香港成為亞太地區國際樞紐與往返中國的門戶機場具有重要的影響力，故亦將國泰航空是否營運該航線納入自變數；此外，因香港與英國及中國有特殊的文化歷史背景關係，並使用中文與英文為其官方語言，故語言也列為自變數之一。研究結果發現香港人均 GDP、目的地機場的人均 GDP、距離、目的地機場是否為樞紐機場或是政治商業中心、目的地機場是否為旅遊城市、航線的服務航空公司數，雙邊貿易量、共同語言、與香港文化/殖民地有關、國泰航空是否營運該路線顯著影響航線客運量。研究尚採納航線上是否有 LCC 營運、旅遊簽證限制、油價為自變數，作者認為 LCC 低廉的票價可以吸引休閒旅客，但旅遊簽證限制會成為旅客的阻礙，而油價越高會導致票價越貴，使旅客降低旅遊意願，但這三個變數對航線客運量的影響並不顯著。

Wei&Hansen(2006)採用 log-linear 模型，進一步將模型應用到美國國內航空軸輻網路的旅客運量預估，該研究以中轉機場之轉機客運量為依變數，除了距離、人口、票價、收入等自變數外，尚考量了服務變數如航段之航班頻率、飛機大小、

中轉機場連結機場，此外中轉機場的容量限制也被納入自變數中，最後則以各航空公司為基礎的網路運量加總，即為該軸幅網路之運量。

Zhang et al.(2014)建構四個國內及國外層面的政策限制指標，以量化亞太市場 19 個經濟體之航空政策對航空產業的發展限制，並探討航空政策對雙邊旅客流量的潛在影響，其以 APEC 在 1999 年的航空運輸協議為基準制定政策限制指標，評分依據包含 LCC 進入市場的難易度、私有航空公司與國籍航空公司是否享有相同待遇、是否授予外國航空公司第七航權、所簽訂開放天空協議的數目等，政策限制指標分數越高表示政府對市場限制程度越高。研究發現，政策限制指標在不同經濟體之間呈現很大的差異，澳洲及新加坡在亞太地區擁有最自由的發展環境，其航空公司亦較具有競爭力，中國、越南的市場限制程度則較高。最後作者以 GDP、航線距離、政策限制指標、該國與其他國家的平均距離、語言、國土是否相連以及是否有 LCC 營運為自變數，對旅客運量建構重力模式：

$$\text{Log}(\text{passenger/tourist}) = \beta_0 + \beta_1 \log(\text{GDP1}) + \beta_2 \log(\text{GDP2}) + \beta_3 \log(\text{distance}) + \beta_4 \text{index1} + \beta_5 \text{index2} + \beta_6 \log(\text{remoteness1}) + \beta_7 \log(\text{remoteness2}) + \beta_8 \text{language} + \beta_9 \text{LCC} + \varepsilon$$

。結果指出，航空市場的限制程度與旅客運量間具有負向且顯著的關係，降低一單位的政策限制指標，會使運量提高 27%。這些經濟體大多在這三十年間有快速的經濟成長，航空運輸與經濟發展有密不可分的關係，作者認為此研究的結果可用於協助建立更加有效率的航空運輸系統。統整需求類別相關文獻所使用之變數如表 2.1 所示。

表 2.1 需求層面相關變數彙整

作者(年份)	依變數	自變數
Chang(2012)	亞太經合組織會員國之間的航線運量	距離、人口、語言、GDP、人均收入、年進口額、消費者物價指數、失業率
Grosche et al.(2007)	德國與 28 個歐洲	人口、機場服務範圍、購買力指

	機場間的航空客運量	數、GDP、距離、平均飛行時間、競爭機場數目、競爭機場的平均距離
Wei& Hansen(2006)	美國國內中轉機場之轉機客運量	距離、人口、票價、收入等自變數外，尚考量了服務變數如航段之航班頻率、飛機大小、中轉機場連結機場、中轉機場的容量限制
Tsui&Fung(2016)	香港之前 45 名客運量航線之客運量	顯著:香港人均 GDP、目的地機場的人均 GDP、距離、目的地機場是否為樞紐機場或是政治商業中心、目的地機場是否為旅遊城市、航線的服務航空公司數，雙邊貿易量、共同語言、與香港文化/殖民地有關、國泰航空是否營運該路線 不顯著:LCC 營運、旅遊簽證限制、油價
Zhang et al.(2014)	亞太地區 19 個經濟體間的航線客運量	GDP、距離、自由化程度指標、國家幅員、LCC 數目、語言、是否跨境

2.2.2 航線/航班數影響因素

Hazledine(2014)對加拿大國內線、加拿大往返美國之國際線的直飛航班數影響因素進行分析，作者認為運量與直飛航班數具有互相影響的關係，即直飛航班數越多對旅客搭機越方便，因此會吸引越多旅客，另一方面，旅客需求越多，航空公司也願意加開更多的直飛航班。因此作者使用左截斷 TOBIT 模型建立兩個模型，第一部份對城市對間的每日不經停航班數進行探討，其認為航程距離與是否跨境會影響航空公司對於航機大小的決定，但航空公司對派遣航機的決策又受限於其擁有的機隊，而不經停航班數則受運量、航機大小、中停航班與不經停航班之飛行時間比值、是否跨境等因素影響；第二部份則利用重力模式分析旅客在

城市對間的移動，其認為是否跨境、是否為旅遊城市、不經停航班數、是否有直飛航班、起迄機場運量及票價會影響運量。研究結果顯示有些城市對的條件目前雖還不足以支撐直航航班，但一旦航空公司大膽地提供直航班機，旅客就會被吸引使得客運量上升到可以支撐直航航班營運的程度，作者希望其研究結果能夠協助航空公司進行是否提供直飛航班的決策。

Zhang et al.(2016)對中國國內航空網路建構機率模型，以探討機場連結個數、第三級產業產出、空間距離對航線連結的影響，研究結果發現，中國國內機場的連結個數呈現兩階段的冪率分佈，且航線的開通並不完全取決於航空公司的潛在客運量，其連結機率亦受到第三級產業和起迄機場之航線連結個數的顯著影響，但空間距離的影響卻不甚顯著，可能係因為此研究針對國內航班，無長程航線的緣故。此外，機場的航線連結個數增加所獲得的規模經濟效益明顯高於產業發展所帶來的效益，故中國國內航空網路傾向於演變成為軸輻網路。

近幾十年來，中國航空業成長快速，但中國國內航空市場的市場進入與機隊規劃仍受政府嚴格的監管，Wang et al.(2014)研究了在中國國內高度集中化的航空市場下，航空公司的航班數及飛機容量安排，並探討機場樞紐、機場容量限制、市場集中度 HHI 與飛機容量對航空公司航班數的影響，其中機場容量限制以起迄機場運量取最小值表示。研究結果指出飛機容量與航班數為負相關，並發現市場集中度對航班數及旅客運量皆有顯著影響，航班數及旅客運量會隨著市場集中度下降而增加，即市場競爭越激烈越會帶來更高的服務品質及旅客運量。此外研究發現當起迄機場運量較高時，航空公司會增加航班數，航空公司也傾向在自身的樞紐機場安排較多的航班。作者也提到，近 30 年來中國沿海城市經濟發展迅速，且機場航程大約在 3 小時內，適合以窄體客機營運，然而隨著西部城市的經濟發展水準漸漸高於全國平均值，往後的局勢可能會有所變化。

Hazledine(2009)研究加拿大國內市場、加拿大-美國航線、加拿大-其他國家航線運量受邊界效應(border effect)的影響，邊界效應指存在於國家或是省份間邊界的阻礙，語言文化、關稅、貿易法規都可能造成邊界效應。作者認為航空公司在一定的乘載率下才會營運航線，因此可以用座位供給數代替旅客運量，並使用重力模式來解釋航線上的座位供給量，使用變數包含人口、距離、GDP、語言、邊界，作者認為距離可以代表航空旅行的成本，對旅客而言是負面影響；使用旅客出入境卡來估計商務旅客及休閒旅客占比。結果顯示加拿大到美國及其他國家航線座位數受邊界效應的負面影響，可能是受關稅、出入境繁複過程影響，然而加拿大國內航線的省份邊界與距離對座位數存在正相關，意味著在加拿大境內旅客並不受距離影響；最後作者認為驅動邊界效應的背後因素仍需要更多的研究去探索。

Alderighi&Gaggero(2014)使用 1998 至 2010 年間義大利 20 個地區飛往歐洲 24 個國家的半年度直飛航班資料，探討航空聯盟對航線上航班供給數量的影響。研究利用迴歸分析法，並使用航線上有加入航空聯盟之傳統航空公司航班數相對於總航班數之占比、航線上的聯盟數為主要想探討的自變數，其他採納的自變數還有 GDP、居住在義大利 r 區的 c 國人口數、住在 c 國的義大利 r 區人口數、油價、共掛航班的航班數占比。研究結果發現屬於航空聯盟的傳統航空航班數占比增加、航空聯盟數量增加或是共掛航班數占比增加，對整體航班數或是傳統航空航班數供給皆有顯著的正面影響；傳統航空航班數占比增加對 LCC 航班數有顯著負面影響，表示航空聯盟的市佔率可能限制 LCC 進入市場；而航線上聯盟數增加對 LCC 航班數有正面顯著的影響；共掛航班數占比則對 LCC 航班數沒有顯著影響，顯示共掛航班協議較無法有效限制 LCC 的成長。然而迴歸結果的決定係數 R^2 僅有 0.2 左右，表示還有其他影響航班數的重要變數未被考慮到。

Pai(2010)使用迴歸分析法探討季別、人口統計、機場特性、航空公司特性及航線特性對美國國內航線飛機大小與航班數的影響，每筆資料為一條某航線上的特定航空公司在一個月內的航班數，其使用的人口統計變數有人口、收入、年輕人口占比、管理階層占比；機場特性包括最大跑道長度、鄰近機場數、時間帶限制；航空公司特性包含起迄機場連結的機場數、轉機旅客的比例、是否為低成本航空、主要航空公司持有區域航空的比例；航線特性有距離、是否為休閒航線、飛機大小。其中將方圓 76 英里內的機場個數計算為鄰近機場數，將跑道上飛機起降數視為時間帶限制，將連結機場數及轉機旅客比例作為樞紐機場相關變數。最後研究結果發現人口、收入、連結機場數、轉機旅客占比、跑道長度增加或是該公司為 LCC 時，航班頻率較高且飛機較大；由於鄰近機場瓜分運量，因此鄰近機場數對航班頻率及飛機大小造成負面影響；距離增加，需要以更大的飛機營運，相反地航班頻率會隨距離增加而下降，另外一種解釋是距離增加，航線上出現樞紐機場的機會增加，航空公司選擇營運中轉航線的機率也會增加，故到迄點的直飛航班數會減少。表 2.2 統整文獻使用過與供給相關之各類變數。

表 2.2 供給層面相關變數彙整

作者(年份)	依變數	自變數
Hazledine(2014)	直飛航班數	運量、航機大小、中停航班與不經停航班之飛行時間比值、是否跨境
Zhang et al.(2016)	航線連結機率	機場連結個數、第三級產業產出、空間距離
Hazledine(2009)	座位供給數	人口、距離、GDP、語言、邊界
Wang et al.(2014)	直飛航班數	是否為樞紐、機場容量限制、市場集中度 HHI、飛機容量、人口、航線旅客運量、距離、平均燃料費、GDP

Alderighi&Gaggero(2014)	直飛航班數	航空聯盟之傳統航空公司航班數相對於總航班數之占比、航線上的聯盟數、GDP、居住人口數、油價、共掛航班數占比
Pai(2010)	直航航班數(航線上特定航空公司)	第幾季、人口、收入、年輕人口占比、管理階層占比、最大跑道長度、鄰近機場數、時間帶限制、機場連結的機場數、轉機旅客的比例、是否為低成本航空、距離、是否為休閒航線

2.2.3 供給-需求互動

航空公司可提供航班服務根據的是市場旅客的需求，而旅客需求亦會受航空公司所提供服務的影響，供給與需求其實是處於一種互動的過程與調整，基本上是屬於一種動態的平衡過程。

Dennis(2002)預估歐洲中小型機場長期的航線旅客運量及班表，首先利用 log-linear 法以 GDP 估計各機場至 2015 年之起迄需求成長率並求出機場年運量後，將起迄機場需求成長率及起迄國家居民數轉換為各航線需求，各航線需求總和須等同機場年運量，假設超過直航門檻的航線上之直飛服務可以滿足該航線所有的需求，其中直航門檻設定為 8000 人次的需求，未達直航門檻的航線則表示此航線雖有需求但不足以開航，因此其需求則依樞紐機場之吸引力分配給航線附近之樞紐機場，樞紐機場吸引力取決於其地理位置及航班頻率，最後依據機場運量及航線特性安排航班頻率及飛機大小。此研究未考慮到其他機場或是運具競爭，也未考量 LCC 刺激運量帶來的影響。

Takebayashi (2011)將雙層數學規劃模型應用在亞洲航空客運市場，假設航空公司為市場中的領導者，旅客為跟隨者，當環境發生變動時，會造成航空公司的服務水準發生變化，影響到旅客的航線選擇，而航空公司又會預期旅客的選擇來調整服務水準；研究假設航空公司的控制變數只有航班頻率，其目標為最大化利潤，而旅客則根據最小化旅行成本-航班數、票價、旅行時間來選擇最佳航線，最後作者將模型用來計算改變跑道容量及機場起降費用後對成田機場旅客運量的影響。

然而供給-需求互動相關研究為了簡化計算，做了許多假設，例如 Takebayashi (2011)假設每個航空公司的航網是預先確定的、起迄運量需求是固定的、航空公司可以自由進出市場、航空公司僅能決定航班頻率而無法控制票價等其他服務變數、航線上的飛機為單一機型等等，並不符合真實世界之情形，此外航班數除了受需求影響以外，尚受航權協議、其他機場競爭、航空公司機隊限制等因素影響。

綜合以上文獻回顧，除了經濟特性、距離變數外，各研究各自處理了其他議題，如多機場、樞紐機場、航空自由化、市場集中度等對航空市場的影響，本研究整理歸納航空市場的影響因素，如表 2.3 所示。

表 2.3 航空市場的影響因素

作者	依變數	社會經濟變數				機場特性					航線特性						航空公司					政策	
		人口數 / 服務範圍	收入 /GDP/ 物價指數等經濟指標	語言 / 殖民文化	旅遊城市	機場航點數	航線運量	跑道 / 機場容量	多機場 / 競爭機場數	樞紐機場	距離 / 飛行時間	跨境 / 國土相連	市場集中度	航空聯盟	航空公司數	共掛航班	票價	低成本航空	國籍航空	飛機大小	航班數	自由化程度	是否有簽證限制
Chang(2012)	運量	✓	✓	✓							✓												
Grosche et al.(2007)	運量	✓	✓						✓		✓												
Wei&Hansen(2006)	轉機運量	✓	✓			✓		✓									✓			✓	✓		
Tsui&Fung(2016)	運量		✓	✓	✓					✓	✓				✓			✓	✓				✓
Zhang et al.(2014)	運量		✓	✓							✓	✓						✓				✓	
Hazledine(2014)	航班數						✓						✓							✓			
Hazledine(2014)	運量	✓			✓							✓					✓						
Neumayer (2010)	運量	✓	✓	✓							✓												✓
汪進財,陳威勳(民105)	航線是否連結	✓	✓	✓	✓				✓		✓							✓	✓			✓	
Zhang et al.(2016)	航線連結機率		✓			✓						✓											
Wang et al.(2014)	航班數	✓	✓				✓	✓		✓			✓							✓			
Hazledine(2009)	座位數	✓	✓	✓							✓	✓											
Alderighi&Gaggero	航班數	✓	✓											✓		✓							

(2014)																							
Pai(2010)	航班數	✓	✓		✓	✓		✓	✓	✓	✓							✓					
Babić et al.(2014)	運量佔有率													✓	✓			✓	✓		✓		

2.3 航空網路

網路由一群節點及線段所構成，當一個節點可以連結的線段越多，表示其越容易與其他節點產生互動，航空網路中的線段即為航線，節點即為機場，依其在航網中的角色可以再分為：起點機場、迄點機場、樞紐機場以及門戶機場(Pearce,2001)，其中門戶機場較無明確的定義，一般而言指的是進出一個地區或是國家時最主要的使用機場，如桃園機場為我國的門戶機場，成田機場為東京的門戶機場。

2.3.1 航空網路連結型態

1978 年美國解除國內航空管制後，航空公司開始採用軸幅網路(Hub-and-spoke)取代原本的點對點網路(Point to point)，對航空公司而言，可以透過軸幅網路的轉運中心集中其輻射線上的旅客，再載往下一個目的地，可減少乘載率低的直飛航線之航班數以節省成本，並將旅客集中到主要航線上，增加乘載率以達到規模經濟(Reynolds-Feighan,2001)。以下文獻將航空網路連結型態做了幾種區分：

de Wit et al.(2009)在其研究中，將航空網路連結區分為三種型態，如圖 2.3 所示。

- 1、直接連結：航班由機場 A 到機場 B，不須中轉
- 2、間接連結：航班由機場 A 到機場 B，需在樞紐機場 H 進行中轉
- 3、樞紐連結：航班由機場 C 出發經由樞紐機場 A 中轉至機場 B

Wong&Wang(2017)引入 ANU(Airport Network Unit,機場網路單元)的概念將機場連結分為三種類別，如圖 2.4:

- 1、直飛連結:所有 ANU 中的機場都可以直接連結到其所屬的核心機場

2、間接連結:不同 ANU 內的機場除核心機場外，其餘機場均可透過 ANU 的核心機場間接轉機到其他 ANU 的任何機場(如 A-B-C)

3、樞紐連結:一個 ANU 中的機場透過該 ANU 中的核心機場轉機到同一個 ANU 的其他機場(如路徑 1-A-3；8-A-B)

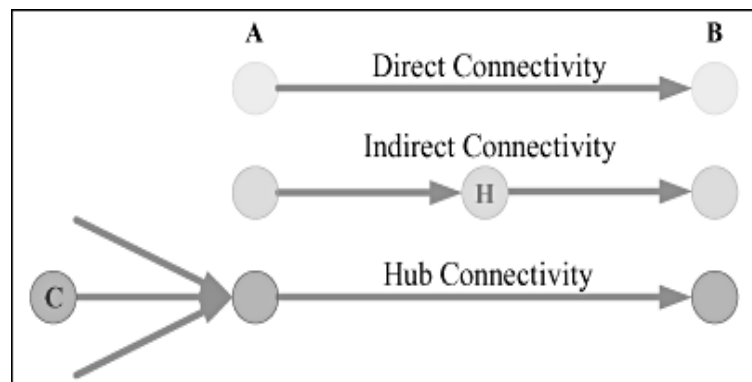


圖 2.3 航線連結型態

資料來源: de Wit et al.(2009)

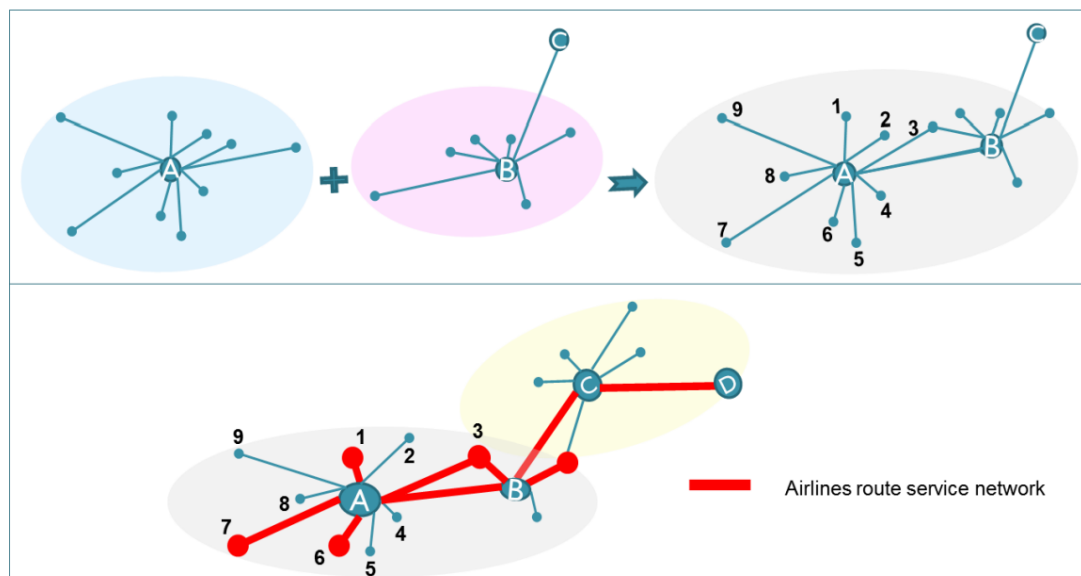


圖 2.4 機場網路單元

資料來源: Wong&Wang(2017)

2.3.2 連結度指標

為了解樞紐機場對其航空潛力市場的影響，本小節回顧機場連結度指標相關文獻，透過機場連結度指標，可以了解機場對外的聯通性，量化樞紐機場的影響力。Li et al.(2012) 以連結度指標探討全日空航空公司在日本東京成田機場與羽田機場的雙樞紐機場布局，作者以連結數量與連結質量來衡量樞紐機場的樞紐連結度：

- 連結數量(Quantity of viable connections, QVC):即樞紐機場可供旅客轉機的航班數

$$QVC=1 \quad \text{若 } MCT < VCT < MACT$$

其中 VCT(viable connection threshold)是可行轉機臨界值；MCT(airline's minimum connecting time)航空公司進行轉機所需的最短時間；MACT(maximum acceptable connecting time)是旅客所能接受的最大轉機時間。若樞紐機場的進入航班與離開航班之間的時間差落在 VCT 之內，則被視為可以轉機，QVC 計算為 1；因此 QVC 為 0 或是正整數。

- 連結品質(Quality of connectivity index,QCI): 除了可轉機航班的多寡外，轉機的品質對樞紐機場而言亦是個重要的吸引力。作者使用時間因素 TF 及航線因素 RF 來衡量 QCI

$$QCI=TF*RF$$

$$TF=DT/PT \quad PT=FT+TT*\partial$$

$$RF=1, DR \leq 1.2$$

$$RF=0.5, 1.2 < DR \leq 1.5$$

$$RF=0, \text{ otherwise}$$

$$DR=ID/DD$$

其中時間因素 TF 為樞紐機場進入航班之起點與離開航班之迄點間之直飛時間 DT，與旅客感知全程旅行時間 PT 的比值，旅行感知時間為進入航班與離開航班與實際飛行時間 FT、轉機時間 TT、轉機時間懲罰因子 θ 的函數，懲罰因子 θ 由是否有直飛航班及轉機次數所決定。

航線因素 RF 由轉機距離 ID 與直飛距離 DD 的比值 DR 決定，前者是藉由該樞紐機場轉機的兩段航程的大圓距離，後者為起迄機場直飛航線的距離。DR 接近 1 表示該樞紐機場地理位置靠近起迄機場的直飛航線。

- 樞紐連結度(Hub a connectivity indicator, HCI):將 QVC 及 QCI 的乘積加總即為 HCI

$$HCI=QVC*QCI$$

Wong&Wang(2017)認為機場連結度會受到地理位置、航網大小、國籍航空營運策略、航空聯盟部署策略等因素影響，其研究探討機場連結度與市場的關聯，首先引入 ANU 概念將機場連結分為直接連結、間接連結及樞紐連結，接著從機場的角度出發，再將樞紐連結依其特性區分為被動樞紐連結及主動樞紐連結:前者處於穩定需求的直飛市場中，係由直飛市場帶動發展的樞紐連結市場，即當一個機場擁有越多的直接連結，會促進該機場發展樞紐連結市場，進而強化機場的樞紐地位；後者由於起迄機場沒有穩定直飛需求的市場，因此主要做為集散旅客的樞紐機場。區分出機場連結型態後，研究發展出直接連結度指標與樞紐連結度指標，研究結果指出直接連結度高的機場，在發展樞紐轉機市場時具有較大的潛力；而以國內轉機市場為主的機場，若能增加國際直飛航線，則有利於刺激樞紐連結市場發展。最後文章計算亞洲樞紐機場在亞洲區域航線、國際航線中之被動樞紐連結度與主動樞紐連結度比例，研究結果發現由於亞洲區域航線擁有較多的

直飛航班，進而帶動樞紐連結市場，因此被動樞紐連結度的比例在亞洲區域航線較高；而由於國際長途航線缺乏穩定的直飛需求，需透過樞紐機場進行旅客集散，因此多數亞洲機場的主動樞紐連結度比例在長途航線的較高。

- 直接連結度指標:機場 i 的直接連結度指標，定義為機場 i 與機場 j 間的年直飛航班數

$$C_i^m = \sum_{j=1}^N C_{ij} f_{ij}$$

- 樞紐連結度指標:當起迄機場為 k,j 且經由機場 i 中轉航線之彎繞係數(透過樞紐機場 i 中轉的距離與直飛距離之比值)小於 1.4，則 i 可被視為航線之中停航點，機場 i 的樞紐連結度指標定義為起點機場及迄點機場到機場 i 的兩個航段之直飛航班數取最小值，即旅客可利用 i 轉機之最大航班數。

$$C_h^f(i) = \sum_{j,k} \sigma_{k,j}(i) f_{kj}$$

軸幅網路的發展與樞紐機場之地理區位、航網規模有所關連，同時受到樞紐機場容量的限制。透過軸幅網路的轉運中心及軸幅系統，航空公司可以以樞紐機場為中心來集散旅客，並向外擴散開發更廣大的服務範圍及更頻繁的航班。衡量樞紐機場中轉能力有兩個指標，一為樞紐機場可供旅客轉機的機會，反映出樞紐機場中轉的便利性；二為旅客感知的航程時間，若飛行時間及中轉時間過長會減少對旅客的吸引力。直飛連結度較高的機場，有機會提供給旅客較短的航班銜接時間及航班選擇，因此在發展中轉市場時，擁有較大的潛力。

2.4 小結

本研究首先回顧航網發展的關鍵角色，接著將航空需求與供給的影響因素相關文獻分為旅客個體選擇、需求運量預測、航線/航班數供給和供給-需求互動四個部份。第一部份為旅客個體選擇，相關研究以離散選擇模型預測旅客在有限集合中選擇某一選項的機率，選取的變數為影響個體偏好的航空服務變數如票價、旅行時間，並著重於研究不同旅客群體(商務/休閒、長程/中程/短程)的選擇是否有差異，此類研究優點在於可解釋個別旅客如何進行選擇。第二部份需求運量預測相關文獻大多為總體需求，變數的選擇以 GDP、人口總數、語言文化等環境變數為主，再依各項研究主題差異加入其他變數，如探討多機場、樞紐機場、航空自由化、市場集中度等對運量的影響。由於航班供給與需求運量互相呼應，第三部份航線/航班數供給相關文獻亦從總體的角度出發選擇變數。最後供給-需求互動模型則是假設總需求固定，並模擬旅客選擇航線的偏好，計算指派各航線航班數，然而此類文獻亦忽略背後的社會經濟影響。最後回顧航空網路類型以及機場連結度指標計算方式。

目前航班供給相關研究之範圍較侷限在歐美單一國家到其他國家的航線，且尚未有針對國籍航空機隊數、簽證限制如何影響航班數的研究，此外，其選用資料以航空公司現有營運航線為樣本，模型解釋能力僅能適用現有航線，並不適合用以預測潛力市場。因此本研究將研究範圍設定為亞洲及中東地區 57 座機場之國際航線，探討機場直飛航班數背後的影响因素，並應用於潛力市場預測，分析未開航點是否有開航潛力及現有航線是否有增加航班的空間。

第三章 資料來源與研究方法

本章節分為兩個部份，首先根據文獻選定航班數之影響變數及彙整資料，第二部份介紹所選定之計量經濟方法。

3.1 變數與資料來源

3.1.1 航班數資料

本研究選定 ACI 2015 國際旅客運量排名前 200 大機場內之 57 個亞洲機場為起點機場，ACI 2015 國際旅客運量排名前 200 大機場再加上排名 200 至 400 間的 24 座亞洲機場，共 224 座機場為迄點機場，根據起點機場與其餘 223 座迄點機場所連結成之 12487 條國際航線(若起迄機場位在同一國家則為國內航線，不包含在本研究之樣本)，每一條航線為一筆資料。然而並不是每條航線現階段都有開航，本研究將目前未開航之航線航班數設定為 0，實際上有航空公司營運之航班資料係由 Innovata 2016 Flight data 彙整而來。

本研究以航線上直航航班數作為預測航空市場發展潛力之依據，依變數為航線上 2016 年直飛(Direct)航班數，直飛航班除了不經停(Nonstop)航班，也包含中停(Stop-over)航班，即使包含數個中停點甚至是中途更換飛機，只要飛機班號不變，就屬於直飛航班，中停航班和一般轉機不同的地方在於旅客只需拿手提行李下機或是在原座位等候，不需自行安排轉機。本研究將 2016 年航線上不經停航班數和中停一次之中停航班數加總為年航班數，即本研究之依變數。

3.1.2 機場運量

在重力模式下，兩端點人口與旅次數成正比，在運量相關研究中，有文獻以國家人口數做為社會經濟變數(Chang,2012)，也有文獻以機場所在的都會區人口代表該機場的服務範圍人口(Hazledine, 2009；Grosche et al., 2007)。受限於機場

服務範圍人口資料難以估算，且面臨多機場區域問題時，難以畫分機場服務範圍，因此本研究以機場年運量作為機場服務範圍內引發旅次的人口統計變數之代表，並預期其對航線航班數有正面的影響。資料來源為國際機場協會(ACI)公布之機場 2015 年度國際旅客運量(單位:10 萬人)。

3.1.3 使用相同語言/殖民文化背景

旅客到使用相同語言的國家時無須擔心溝通問題，而曾有殖民與被殖民關係的國家文化較接近，也較認同彼此的文化，因此起迄國家使用相同語言或是曾擁有殖民文化背景對需求有正面的影響(Chang,2012；Tsui&Fung,2016；Zhang et al.,2014；Neumayer,2010；Hazledine,2009)。本研究以虛擬變數表示起迄國家是否使用相同語言或曾擁有殖民關係，資料來源為 Projectvisa.com。

3.1.4 國家競爭力指標

經濟蓬勃發展會提升人民收入水平並促進貿易活動，帶動客運及貨運量增加，進而刺激航空產業成長，過去研究常以 GDP 作為社經變數(Hazledine,2009；Wang et al.,2014；Alderighi&Gaggero,2014)。本研究採計世界經濟論壇(World Economic Forum,WEF)發布之世界各國國家競爭力指標，代表各國之社會經濟發展現況。WEF 以三大構面衡量國家競爭力指標，其中「基本需求」涵蓋總體經濟環境、基礎建設、體制、健康與初等教育；「效率強度」涵蓋商品市場效率、技術準備度、高等教育與培訓、勞動市場效率、市場規模、金融市場發展；「創新及成熟因素」包含企業成熟度、創新。

3.1.5 旅遊競爭力指標

旅遊業與航空業有密不可分的關係，目的地為旅遊城市有利於刺激需求(Tsui&Fung,2016；Hazledine,2014；Pai,2010)，過去文獻多以虛擬變數表示旅遊城市或是休閒旅次為主的航線。本研究以世界經濟論壇(World Economic

Forum, WEF) The Travel & Tourism Competitiveness Report 2015 提供之旅遊競爭力指標表示一個國家的旅遊競爭力，以尺度 1-7 表示，旅遊競爭力越高表示觀光資源越豐富，越有可能吸引旅客造訪並帶動航班數成長，預期對航班數為正面影響。

3.1.7 多機場區域

為了解決主要機場的壅塞問題，或是舊機場擴建不易，某些城市/都會區會興建兩座以上的機場，位在多機場區域的機場會遇到鄰近機場的競爭，機場為了考量可及性，與多機場區域的主要機場較有連結的可能(汪進財&陳威勳, 民 105)。本研究以虛擬變數表示機場是否位在多機場區域，以及機場是否為多機場區域的主要機場，預期當機場是多機場區域的主要機場時，會對機場的直飛航班數有正面影響；當機場位於多機場區域但並非主要機場時，會對機場的直飛航班數有負面影響。

3.1.8 航點距離

本研究將航點距離變數以兩航點間大圓距離表示，即以航點之經緯度計算兩航點在球面上的最短距離(單位:英哩)，根據重力模式，隨著距離越遠，航班數應會隨之減少，因此預期距離增加會對航班數造成負面影響。

3.1.9 共掛航班數占比

共掛航班是多家航空公司合作營運的一種模式，在此協議下，航空公司共同經營一條航線，如中華航空與荷蘭航空以共掛航班的方式連營台北-阿姆斯特丹航線，對航空公司而言，可擴大航空網路，如原本只有營運台北-阿姆斯特丹直飛航班的中華航空，透過共掛班號於荷蘭航空阿姆斯特丹-巴塞隆納班機的方式，便可銷售台北-阿姆斯特丹-巴塞隆納的機位。本研究篩選出有共掛航班的航線，計算航線上共掛航班數占比，由於共掛航班策略提供旅客更頻繁的航班班次選擇，提升服務品質，進一步刺激旅客運量，因此預期此變數對航班數有正面影響。

3.1.10 樞紐機場個數

航線上的樞紐機場是航空公司中轉旅客、集散航班的中停機場，能連結鄰近的次要機場。本研究探討航線上直飛航班數的影響因素，當兩個航點間存在較多大型樞紐機場，樞紐航空公司便有機會闢駛轉機航班以集中更多旅客載往目的地，使得兩個航點間的直飛航班可能會受到轉機航班的競爭影響。因此本研究計算兩航點間的大型樞紐機場個數作為變數，並預期此變數對航線上直飛航班數有負面影響。

3.1.10 低成本航空

低成本航空(LCC)多以單一機型經營短程或是區域內點對點航線為主，相較於傳統航空有較低的營運成本，因此可提供旅客低廉的票價，在 ICAO「國際航空運輸管理手冊」第 5.1 章中將低成本航空定義為「與其他類似航空公司相比下，具有相對低成本結構的航空公司，並提供較低廉的票價。這樣的航空公司可能是獨立經營的公司，或是大型網路航空公司的分公司或子公司，在某些情況下，也可能是航空集團的前包機部門」。過去研究預期航線上低成本航空的存在對旅客需求(Tsui&Fung,2016)及航線是否連結(汪進財&陳威勳,民 105)有正面影響，然而結果都不顯著。雖然對航線開航與否可能不顯著，但根據經濟理論，以及一般認為，低成本航空提供較低廉的票價，應該會刺激旅運需求(Hsu et al., 2016)，尤其本研究之研究範圍涵蓋低成本航空盛行的亞太區域，不該忽略其對航班數的影響，因此本研究以航線上是否有低成本航空營運作為虛擬變數，探討其對航班數的影響，並預期航線上若有低成本航空，會對航班數帶來正面效果。本研究對航空公司是否為低成本航空之判斷依據是根據國際民航組織(ICAO)在 2017 年所發布之低成本航空列表(List of Low-Cost-Carriers)。

3.1.11 基地航空公司機隊數

國籍航空公司(Flag carrier)係指代表國家或是政治實體的航空公司，通常政府授予國籍航空公司獨占或寡占國際航線的權利，Tsui&Fung(2016)發現香港國籍航空公司-國泰航空是否營運該航線對運量有正面影響，國籍航空的機隊數量對航線連結有正面影響(汪進財&陳威勳,民 105)。本研究認為在航權漸漸開放下，面臨其他航空公司的競爭，國籍航空不一定具有營運優勢，以馬來西亞吉隆坡機場為例，馬來西亞國籍航空-馬來西亞航空與低成本航空公司亞洲航空皆為其基地航空公司，在 2014 年時，馬來西亞航空在國際航線的市佔率為 26.3%，而馬來西亞低成本航空公司亞洲航空則為 23.7%(Pearson et al.,2015)，市佔率十分接近，迄今馬航共有 70 架飛機，亞航則有 90 架。若只考量國籍航空機隊數，則無法反映以該機場為基地之機隊規模對航班數的影響，因此本研究以起點機場的基地航空公司機隊數為自變數，一間航空公司可能同時將一個或兩個以上的機場作為基地，每座起點機場依其基地航空公司的不同，此變數即會有不同的數值。預期基地航空公司機隊數越多，對航班數會帶來正面影響。資料來源為 Flightradar24 網站之機隊資料庫，包含各航空公司擁有的機型、數量及編號。

3.1.12 是否有免簽證待遇

大部份國家會以簽證限制管制國外旅客入境，然而簽證限制會對旅客量與雙邊貿易造成負面的影響(Neumayer,2010)。為了促進觀光業或是國家交流等目的，政府開放特定國家旅客不需辦理簽證即可在該國停留，免簽待遇常見於同一個組織的成員國或是鄰近友好的國家，免簽證的類型除了雙方國家在互惠原則下互相開放免簽外，也有僅單方國家開放免簽的情形，如牙買加政府允許中國人民免簽入境，但中國政府對牙買加居民並沒有提供免簽政策。Henley & Partners 和 IATA 於 2017 年合作發表之簽證限制指標(Visa Restrictions Index)，是根據一國可以免簽進入的國家數計算而得，分數越高表示該國居民進出其他國家的自由度越大，這份資料涵蓋 219 個國家，因此指標的最大值為 218，在所有國家中，得分最高

的是 176 分的德國，台灣則以 134 分排名第 31。為瞭解旅客簽證對航班數的影響，本研究考量迄點國家對起點國家居民是否有免簽證入境待遇，並預期此變數對航班數為正面影響。本研究之變數與資料來源如表 3.1 所示。

表 3.1 變數與資料來源表

類別	預期結果	變數名稱	變數型態	資料來源
依變數		直飛航班數	連續變數	Innovata2016Flight data
社會經濟變數	+	機場運量	連續變數	ACI 2015 Airport Traffic Report
	+	相同語言/殖民文化	虛擬變數	本研究整理
	+	國家競爭力指標	連續變數	World Economic Forum (WEF)The Travel & Tourism Competitiveness Report2015
	+	旅遊競爭力指標	連續變數	World Economic Forum (WEF)The Travel & Tourism Competitiveness Report2015
機場條件	+	多機場區域的主要機場	虛擬變數	本研究整理
航線特性	-	距離	連續變數	Innovata2016Flight data
	+	共掛航班數占比	連續變數	Innovata2016Flight data
	-	樞紐機場個數	連續變數	本研究整理
航空公司	+	是否有 LCC	虛擬變數	Innovata2016Flight data
	+	基地航空公司機隊數	連續變數	Flightradar24.com
政策	+	是否有免簽待遇	虛擬變數	Projectvisa.com

3.2 研究方法

本研究之依變數為各航線上的年航班數，即一年內各航線上直飛航班的計次，屬計數資料(Count data)。計數資料是一種離散資料，為非負整數值 $\{0,1,2,3,4,\dots\}$ ，若將計數資料作為連續資料，並以最小平方方法的線性迴歸去建構模式，會產生兩個問題：由於計數資料包含許多 0 值，因此大部份計數資料的分佈為右偏態，但過多的 0 值不利於將右偏分佈轉換為線性迴歸假設下的常態分佈；此外最小平方方法的線性迴歸模型可能會產生負預測值，然而在真實世界中不可能有負的航班數存在。

常用於計數資料的模型有卜瓦松迴歸模型(Poisson Regression)、負二項迴歸模型(Negative Binomial Regression)、Hurdle 迴歸模型以及零膨脹迴歸模型(Zero-inflated Regression)，如圖 3.1。卜瓦松模型假設樣本平均數等於樣本變異數，但實際上樣本變異數經常大於樣本平均數，也就是資料具有過度離散(Overdispersion)的情況。負二項模型可處理資料過度離散的問題，但在某些特殊情況下，資料出現過多 0 值，造成卜瓦松模型或負二項模型皆無法正確預測，會使得 0 出現的機率被模型低估，這類過多 0 值的問題被稱為「零膨脹(Zero-inflated)」問題。

為了處理零膨脹問題，1992 年 Lambert 提出零膨脹卜瓦松迴歸模型 (zero-inflated poisson (ZIP) regression)，接著 Greene 於 1994 年提出零膨脹負二項迴歸模型(zero-inflated negative binomial(ZINB) regression)。若資料變異數等同平均數，適用零膨脹卜瓦松迴歸模型；若變異數明顯大於平均數，有過度離散(overdispersed)的情形，則較適用零膨脹負二項迴歸模型。

在零膨脹問題中，假設了兩種不同 0 的類型：永遠不可能發生之非 0 值的 0，以及有潛力成為非 0 值的 0 (Lambert, 1992；Greene, 1994)，舉例來說，前者在本研究中為航線起迄國家缺乏旅遊資源或是沒有商業活動等帶動旅次發生的關鍵因素，故航線不會開航，後者則是因航線距離過長或是航空公司機隊不足等因素，目前僅有中轉航班，但未來有可能發展成直飛航班的航線。由於不容易觀察樣本的 0 值是屬於哪個類型的 0，必須仰賴統計模型進行判斷。

1986 年 Mullahy 提出的 Hurdle 迴歸模型同樣可處理 0 值過多的問題，不同於零膨脹迴歸模型的是 Hurdle 迴歸模型只有第一種 0，也就是永遠不會發生的 0 值，因此無法區分永遠不會開航的航線跟未來有潛力開航但目前無直飛航班的航線，所以相較於 Hurdle 模型，零膨脹模型更能處理樣本 0 的異質性 (Burger et al., 2009)。以下將介紹卜瓦松迴歸模型、負二項迴歸模型以及零膨脹模型，但不針對 Hurdle 模型作介紹。

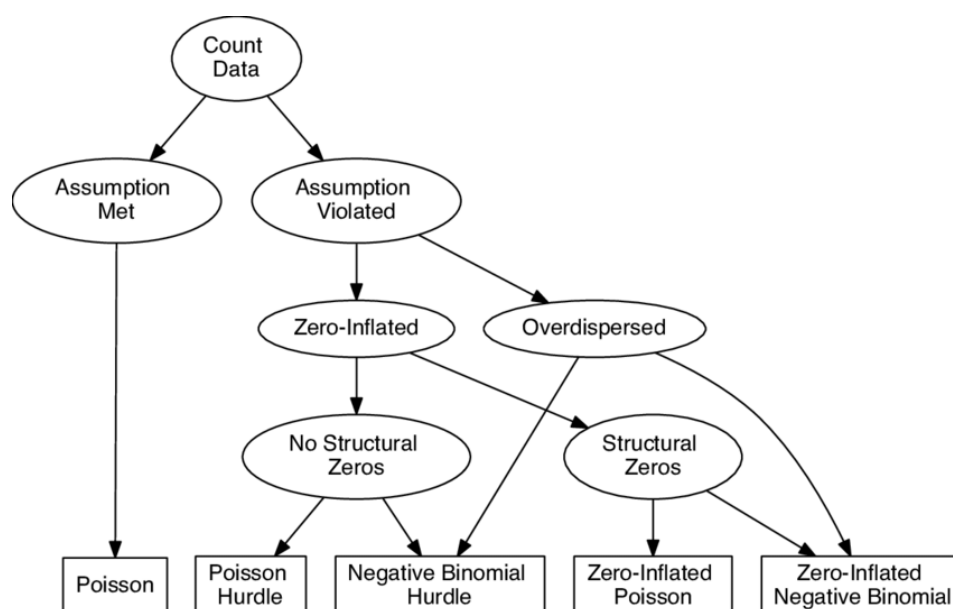


圖 3.1 選取計數資料適用模型流程圖

資料來源：Desjardins (2013)

3.2.1 卜瓦松迴歸模型

卜瓦松迴歸是一種廣義線性模型(General Linear Model)，常應用在各類計數資料的模型建立上，假設依變數 y_i 為卜瓦松分佈。卜瓦松分佈的機率密度函數為：

$$P_r[Y = y] = \frac{e^{-\lambda} \lambda^y}{y!}, y = 0, 1, 2, \dots,$$

其中 $P_r[Y = y]$ 是事件發生的機率，而 λ 是單位時間內事件發生的平均次數，卜瓦松分配的平均數和變異數分別為：

$$E[Y] = \lambda$$

$$V[Y] = \lambda$$

而 λ 與自變數 X 的關係為：

$$\lambda_i = \exp(x_i \beta)$$

其中 β 為用來估計參數的向量。

通常使用最大概似法(Maximum Likelihood Estimation, MLE)對卜瓦松迴歸模型進行參數 β 的校估，其對數概似函數為：

$$\ln L(\beta) = \sum_{i=1}^N \{y_i x_i \beta - \exp(x_i \beta) - \ln y_i!\}$$

3.2.2 負二項迴歸模型

服從卜瓦松分佈的資料具有樣本平均數等於變異數的特徵，若資料的樣本變異數大於平均數，存在過度離散的情形，則不適合使用卜瓦松迴歸模型，這時可以採用負二項分佈建構模式。負二項迴歸模型是卜瓦松迴歸模型的衍生模型，為了改善卜瓦松分佈中平均數等於變異數的限制，而以隨機變項取代平均數：

$$\text{令 } \lambda = \mu v = \exp(x_i \beta) \exp(\varepsilon_i)$$

其中 $\mu_i = \exp(x_i\beta)$, $v = \exp(\varepsilon_i)$ 為一隨機變項 , $v > 0$ 且 $v \sim \text{gamma}(1, \alpha)$; 需要注意的是當 $E[v] = 1$ 時 , $E[\lambda|\mu] = \mu$, 斜率參數和卜瓦松模型一樣

負二項迴歸模型是一整合卜瓦松分佈和伽瑪分佈(Gamma Distribution)的混合模型:

$$h[y|\mu, \alpha] = \int f(y|\mu, v)g(v|\alpha) dv$$

其中 $f(y|\mu, v)$ 服從卜瓦松分佈 , $g(v)$ 是伽瑪分佈 , $g(v) = \frac{v^{\delta-1}e^{-v\delta}\delta^\delta}{\Gamma(\delta)}$, $v, \delta > 0$ 且

$E[v] = 1$, $V[v] = 1/\delta$ 。故負二項分佈的機率密度函數為:

$$\begin{aligned} h[y|\mu, \delta] &= \int_0^\infty \frac{e^{-\mu v}(\mu v)^y}{y!} \frac{v^{\delta-1}e^{-v\delta}\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} dv \\ &= \int_0^\infty \frac{e^{-(\mu+\delta)v}\mu^y}{y!} \frac{v^{y+\delta-1}\delta^\delta}{\Gamma(\delta)} dv \\ &= \frac{\mu^y\delta^\delta}{\Gamma(\delta)y!} \int_0^\infty e^{-(\mu+\delta)v} v^{y+\delta-1} dv \\ &= \frac{\mu^y\delta^\delta\Gamma(y+\delta)}{\Gamma(\delta)y!(\mu+\delta)^{y+\delta}} \\ &= \frac{\Gamma(\alpha^{-1}+y)}{\Gamma(\alpha^{-1})\Gamma(y+1)} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\mu}{\alpha^{-1}+\mu}\right)^y \end{aligned}$$

其中 α 是離散參數 , $\alpha = 1/\delta$, $\Gamma(\cdot)$ 為伽瑪分佈。

負二項分佈的平均數和變異數為:

$$E[y|\mu, \alpha] = \mu$$

$$V[y|\mu, \alpha] = \mu(1 + \alpha\mu) = \mu + \alpha\mu^2$$

當離散參數值 α 收斂為 0 時 , 負二項模型會退回卜瓦松模型 , 所以可以說卜瓦松模型為負二項模型的一個特例。

通常使用最大概似法(Maximum Likelihood Estimation,MLE)對負二項迴歸模型進行參數校估，其最大概似函數為：

$$L(\lambda_i) = \prod_i \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{\Gamma(\alpha^{-1})y_i!} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\lambda_i}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{y_i}$$

3.2.3 零膨脹模型

在許多的研究案例中，經常出現 0 值過多的情形，即在研究觀察的單位時間內，並沒有發生事件，使得資料使用卜瓦松模型或是負二項模型進行配適時，出現 0 被低估的狀況。由於 0 值過多導致計數資料出現較大的變異，因此被稱為零膨脹。1960 年代 Johnson&Kotz 率先發現零膨脹現象，到了 1992 年，Lambert 提出零膨脹卜瓦松模型以處理零膨脹問題，接著 Greene 於 1994 年提出零膨脹負二項迴歸模型。

零膨脹模型的原理是將事件的發生分成兩個不同的過程，第一個過程只能為 0，這個過程解釋「過多 0 值」的原因，且服從白努利(Bernoulli)分佈；第二個過程可能為 0 或正整數，此過程的 0 值有潛力成為非 0 值，假設此過程服從一般計數分佈，如卜瓦松分佈或是負二項分佈。零膨脹模型對 0 計數和非 0 計數分別建立 logit 模型和一般計數模型，以處理 0 過多的問題，logit 模型解釋影響事件發生與否(w_i)，而一般計數模型則解釋影響事件的發生次數。

觀察值中的 0 值一部份來自事件永遠不可能發生的「過多 0 值」，機率為 w_i ，一部份來自服從卜瓦松分佈或是負二項分佈 $g(y_i)$ 的計數 0，機率為 $1 - w_i$ 。故 $Y = y_i$ 的機率密度函數為：

$$\begin{cases} P(y_i = 0|x_i) = w_i + (1 - w_i)g(0) \\ P(y_i|x_i) = (1 - w_i)g(y_i), y_i > 0 \end{cases}$$

其中 y_i 為事件的觀察值， x_i 為事件發生的說明變數值。

3.2.4 零膨脹卜瓦松模型

零膨脹卜瓦松迴歸模型由一個離散 0 分佈和一個卜瓦松分佈所組成。令

$$g(y_i) = \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}$$

將兩部份的機率分佈函數混合後可寫成：

$$\begin{cases} P(y_i = 0|x_i) = w_i + (1 - w_i) \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!} = w_i + (1 - w_i)e^{-\lambda_i} \\ P(y_i|x_i) = (1 - w_i) \frac{e^{-\lambda_i} \lambda_i^{y_i}}{y_i!}, y_i > 0 \end{cases}$$

第一式的 w_i 由處理過多 0 值的 logit 模型產生，後半為卜瓦松分佈下觀察值為 0 之機率，第二式為正整數的卜瓦松分佈。模型的期望值和變異數分別為：

$$E(Y_i|X_i) = (1 - w_i)\lambda_i$$

$$Var(Y_i|X_i) = \lambda_i(1 - w_i)(1 + w_i\lambda_i)$$

3.2.5 零膨脹負二項模型

零膨脹負二項迴歸模型由一個離散 0 分佈和一個負二項分佈所組成。令

$$g(y_i) = \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{y_i! \Gamma(\alpha^{-1})} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\lambda_i}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{y_i}$$

將兩部份的機率分佈函數混合後可寫成：

$$P(y_i = 0|x_i) = w_i + (1 - w_i) \left[\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right]^{\alpha^{-1}}$$

$$P(y_i|x_i) = (1 - w_i) \frac{\Gamma(\alpha^{-1} + y_i)}{y_i! \Gamma(\alpha^{-1})} \left(\frac{\alpha^{-1}}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{\alpha^{-1}} \left(\frac{\mu}{\alpha^{-1} + \lambda_i} \right)^{y_i}$$

模型的期望值和變異數分別為：

$$E(Y_i|X_i) = (1 - w_i)\lambda_i$$

$$Var(Y_i|X_i) = \lambda_i(1 - w_i)[1 + \lambda_i(w_i + \alpha)]$$

當 w_i 趨近 0 時，分佈會趨近負二項分佈；當 α^{-1} 趨近無窮大時，表示資料沒有過度離散的問題，分佈會趨近零膨脹卜瓦松分佈；當 w_i 趨近 0 且 α^{-1} 趨近無窮大時，會退回一般卜瓦松分佈。

由於本研究之樣本變異數明顯大於平均數，有過度離散的情形，且樣本中存在著過多 0 值，故本研究採用零膨脹負二項迴歸模型進行分析。

第四章 資料處理與模式構建

本章接續第三章對所選定之變數進行處理及分析，並進行模式的構建，變數代號及定義如表 4.1 所示。本研究選定 ACI 2015 國際旅客運量排名前 200 大機場內之 57 個亞洲機場為起點機場，排名前 200 大機場再加上排名 200 至 400 間的 24 座亞洲機場，共 224 座機場為迄點機場，連結成 12711 條航線，然而本研究之研究範圍為國際定期航線，因此篩除 224 條國內航線後，共計 12487 條航線。資料中有 9983 條航線尚未開航；有 131 條航線的年航班數小於 52 班，即平均每週不到一班，這些航線並非全年 12 月皆有航班，可能為季節性航線、新開航線或是停航航線，為避免影響研究結果，因此本研究將此 131 條航線視為未開航航線，共計有 10114 條航線未開航；航班數分佈最高者為每週航班數介於 1 到 10 班的航線，有 1078 條；每週 100 班以上的航線有 139 條，其中將近 9 成為亞洲區域航線。

表 4.1 變數代號及定義一覽表

變數名稱	變數代號	定義
航班數	AnnualFlights	起點機場連結至迄點機場的年直飛航班數。
機場國際旅客運量	DepPax	起點機場之年國際旅客運量。(單位:百萬人)
	ArrPax	迄點機場之年國際旅客運量。(單位:百萬人)
相同語言/殖民文化	LanguageColon	若起點機場所屬國家和迄點機場所屬國家使用相同語言，或曾有殖民關係，表示為 1，若無則為 0。
國家競爭力指標	DepGCI	起點機場所屬國家的國家競爭力指標，尺度為 1-7，越高表示該國越有競爭力。
	ArrGCI	迄點機場所屬國家的國家競爭力指標，尺度為 1-7，越高表示該國越有競爭力。

旅遊競爭力指標	DepTTCI	起點機場所屬國家的旅遊競爭力指標，尺度為 1-7，越高表示該國觀光資源越豐富。
	ArrTTCI	迄點機場所屬國家的旅遊競爭力指標，尺度為 1-7，越高表示該國觀光資源越豐富。
綜合競爭力指標	DepIndex	起點機場所屬國家的綜合競爭力指標，為國家競爭力和旅遊競爭力二者之間取較大值者。
	ArrIndex	迄點機場所屬國家的綜合競爭力指標，為國家競爭力和旅遊競爭力二者之間取較大值者。
航班距離	Distance	起點機場連結至迄點機場的大圓航線距離。(單位:百英里)
多機場區域	DepMul	若起點機場位於多機場區域，則為 1，否則為 0。
	DepPri	若起點機場為多機場區域的主要機場，則為 1，否則為 0。
	ArrMul	若迄點機場位於多機場區域，則為 1，否則為 0。
	ArrPri	若迄點機場為多機場區域的主要機場，則為 1，否則為 0。
共掛航班數占比	CodeSharingRate	起點機場連結至迄點機場的航線上共掛航班數與總航班數的比值。
樞紐機場個數	Hubs	起點機場連結至迄點機場的航線上，彎繞係數 1.4 以內的樞紐機場個數。
低成本航空	Lcc	若起點機場連結至迄點機場的航線上有 LCC 營運則為 1，否則為 0。
基地航空公司機隊數	Fleet	以起點機場為基地之航空公司的機隊數。
是否有免簽待遇	VisaIndex	若迄點機場提供起點機場旅客免簽優惠待遇則為 1，否則為 0。

4.1 資料處理及分析

4.1.1 機場國際旅客運量

在重力模式中，人口為旅次產生的驅動力，然而機場服務範圍人口難以界定，且機場所在地區人口無法反映樞紐機場中轉旅客的市場，如國際旅客量最高的杜拜機場，在 2015 年接待了 7801 萬名國際旅客(ACI,2015)，但其所在國家人口僅有約 400 萬，相比之下機場年運量更適合做為航線航班數的驅動因素。

4.1.2 使用相同語言/殖民文化背景

起迄國家使用的官方語言相同，或是起迄國家曾有殖民/被殖民關係，則設為虛擬變數 1，使用不同官方語言且無殖民文化背景則設為 0。本研究對 57 座起點機場分屬的 25 個國家使用語言及殖民關係分類如表 4.2 所示，若沒有迄點國家與起點國家使用相同語言，則不列出起點國家使用之語言。

亞洲地區殖民雖可追溯到 16 世紀，如台灣在當時曾被西班牙、葡萄牙殖民，但因年代久遠，殖民國與被殖民國間的關係較為薄弱，因此不予採計。本研究列出之殖民關係以第一次世界大戰期間為主，當時殖民國對被殖民國的社會制度、語言文化、風俗習慣至今仍有相當的影響。

表 4.2 使用相同語言/殖民關係分類

起點國家	有其他國家使用相同官方語言	殖民關係
阿拉伯聯合大公國	阿拉伯文	-
巴林	阿拉伯文	-
科威特	阿拉伯文	-
沙烏地阿拉伯	阿拉伯文	-
中國	中文	-

香港	中文、英文	英國
澳門	中文、葡萄牙文	葡萄牙
新加坡	中文、英文	英國
馬來西亞	英文	英國
台灣	中文	日本
菲律賓	英文	美國
印度	英文	英國
巴基斯坦	英文	英國
印尼	無迄點國家使用相同官方語言	荷蘭
日本	無迄點國家使用相同官方語言	台灣、韓國
緬甸	無迄點國家使用相同官方語言	英國
韓國	無迄點國家使用相同官方語言	日本
斯里蘭卡	無迄點國家使用相同官方語言	英國
越南	無迄點國家使用相同官方語言	法國
伊朗	無迄點國家使用相同官方語言	-
尼泊爾	無迄點國家使用相同官方語言	-
俄羅斯	無迄點國家使用相同官方語言	-(芬蘭大公國)(波蘭王國)
泰國	無迄點國家使用相同官方語言	-
土耳其	無迄點國家使用相同官方語言	-
馬爾地夫	無迄點國家使用相同官方語言	-

4.1.3 國家競爭力指標

世界經濟論壇(WEF)發布之 2015-2016 全球國家競爭力指標，評比架構可分為三大構面：「基本需求」、「效率強度」及「創新及成熟因素」，評比尺度為 1-7，共有 140 個受評比的國家，前五名依序為瑞士(5.8)、新加坡(5.7)、美國(5.6)、德國(5.5)、荷蘭(5.5)。台灣(5.3)排名全球第 15 名，在亞太地區僅次於新加坡(5.7)、日本(5.5)與香港(5.5)，領先於馬來西亞(5.2)、韓國(5.0)、中國(4.9)、泰國(4.6)、印尼(4.5)、菲律賓(4.4)、越南(4.3)及緬甸(3.3)。國家競爭力指標可反映一國之經濟實力或是人民消費能力，本研究以起迄國家競爭力指標乘積作為航線航班數之

驅動因素，圖 4.1 為起迄國家競爭力指標乘積、距離與航班數散佈圖，顏色深淺代表航班數多寡，可以發現航線集中在中短程航線，航班數高的航線多為短程、起迄國家競爭力乘積大的航線；短程航線的起迄國家競爭力指標乘積分佈相當廣，隨著航線距離增加，起迄國家競爭力指標乘積也往值越高的方向集中，顯示出當航線距離長時，起迄國家競爭力高的航線比較有可能開航。

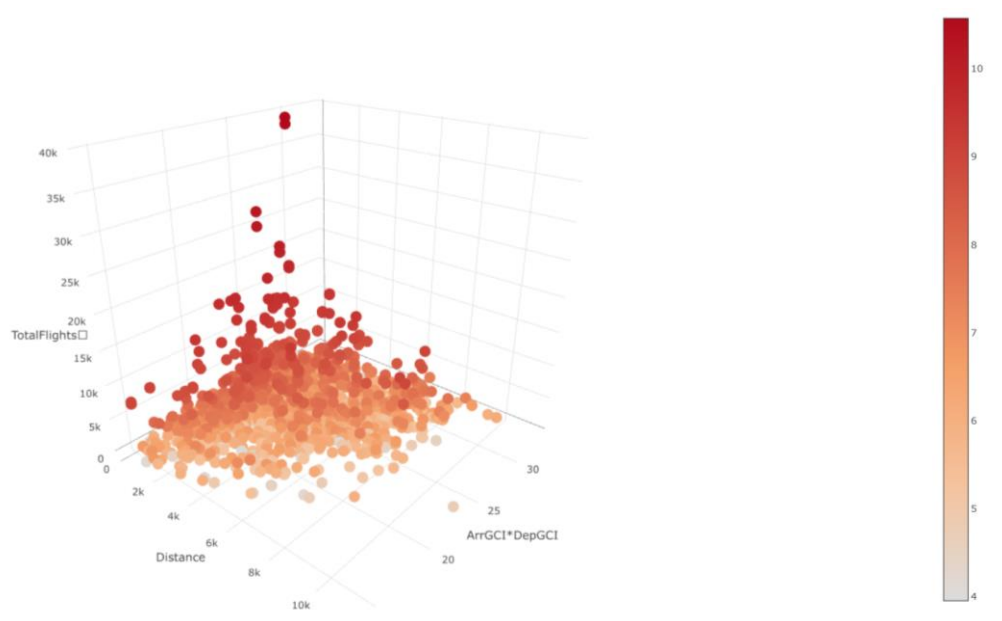


圖 4.1 起迄國家競爭力指標與航班數之散佈圖

4.1.4 旅遊競爭力指標

世界經濟論壇(WEF)發布之 2015 全球旅遊與觀光競爭力報告，係根據旅遊服務、自然生態、衛生治安、文化資源等指標對全球 136 個國家進行評比，評比尺度為 1-7，西班牙(5.31)為旅遊競爭力最高的國家，其次是法國(5.24)及德國(5.22)，台灣(4.35)排名全球第 32 名，在亞太地區次於日本(4.94)、新加坡(4.86)、香港(4.68)、中國(4.54)、馬來西亞(4.41)、韓國(4.37)，領先泰國(4.26)、印尼(4.04)、菲律賓(3.63)、越南(3.60)及緬甸(2.72)。圖 4.2 為迄點國家旅遊競爭力指標、距離與航班數散佈圖，顏色深淺代表航班數多寡，可以看出在航線距離長的情況下，迄點國家旅遊競爭力指標大的航線較有機會開航；此外隨著距離增加、迄點國家旅遊競爭力指標下降，航班數有下降的趨勢。

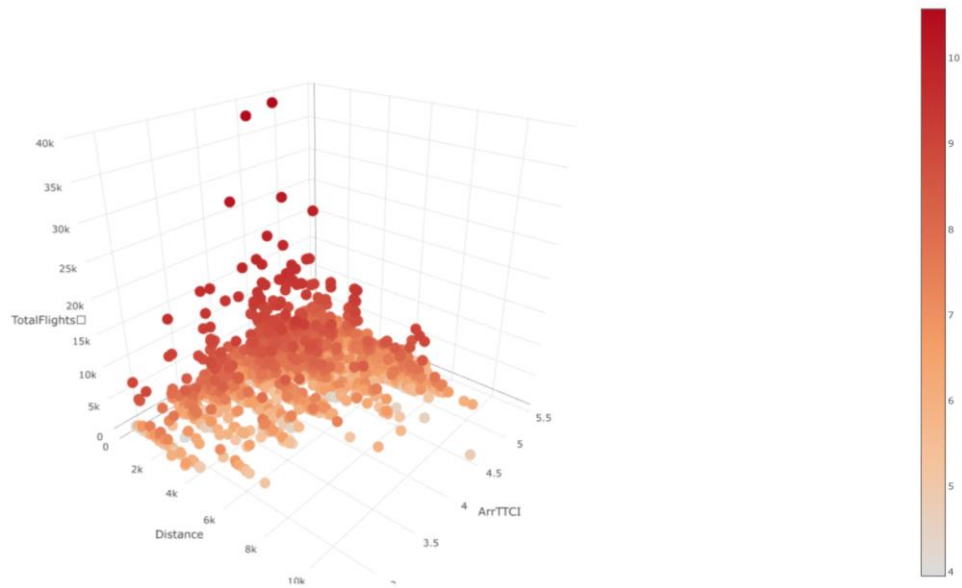


圖 4.2 迄點國家旅遊競爭力指標與航班數之散佈圖

4.1.5 多機場區域

當機場已與多機場區域的主要機場連結，與多機場區域的次要機場連結的機會就會大幅降低，為了處理多機場區域問題，本研究以虛擬變數區分機場是否位
在多機場區域，以及該機場是否為多機場區域的主要機場。首先若機場位在多機
場區域，則以二元變數表示為 1，否則為 0；若機場位在多機場區域，接著再以
第二個變數表示機場是否為主要機場，若是則為 1，否則為 0。本研究整理之多
機場區域列表如表 4.3 所示。

表 4.3 多機場區域列表

洲別	國家	城市/都會區	主要機場	次要機場
亞洲	韓國	首爾	仁川機場(ICN)	金浦機場(GMP)
亞洲	台灣	台北	桃園機場(TPE)	松山機場(TSA)
亞洲	中國	上海	浦東機場(PVG)	虹橋機場(SHA)
亞洲	日本	東京	成田機場(NRT)	羽田機場(HND)
亞洲	泰國	曼谷	素萬那普機場 (BKK)	廊曼機場(DMK)
亞洲	菲律賓	馬尼拉	尼諾伊·艾奎諾機場 (MNL)	克拉克機場(CRK)

亞洲	土耳其	伊斯坦堡	阿塔圖克機場(IST)	薩比哈·格克琴國際機場(SAW)
亞洲	俄羅斯	莫斯科	謝列梅傑沃機場(SVO)	多莫傑多沃機場(DME)、伏努科沃機場(VKO)
歐洲	比利時	布魯塞爾	布魯塞爾機場(BRU)	沙勒羅瓦—布魯塞爾南機場(CRL)
歐洲	英國	倫敦	希斯洛機場(LHR)	城市機場(LCY)、蓋威克機場(LGW)、魯頓機場(LTN)、史特斯特機場(STN)
歐洲	法國	巴黎	戴高樂機場(CDG)	奧利機場(ORY)
歐洲	德國	柏林	泰格爾奧托·利林塔爾機場(TXL)	舍訥費爾德機場(SXF)
歐洲	義大利	米蘭	馬爾彭薩機場(MXP)	連尼治機場(LIN)、卡拉瓦喬機場(BGY)
歐洲	義大利	羅馬	達文西機場(FCO)	錢皮諾機場(CIA)
美洲	美國	紐約	甘迺迪機場(JFK)、紐華克機場(EWR)	

4.1.6 航點距離

距離為需求的阻抗因素，更長的距離代表了更長的飛行時間以及更高的票價成本。本研究之航線距離是根據兩航點間大圓距離計算而得，資料中最長的航線為韓國仁川國際機場(ICN)到巴西瓜魯尤斯國際機場(GRU)，距離 11378 英里，最短的航線為巴林巴林國際機場(BAH)到沙烏地阿拉伯法赫德國王國際機場(DMM)，距離 54 英里。資料中航班數高的航線多為短程區域航線，如台北-香港、新加坡-吉隆坡、杜拜-多哈航線；大部份的航線集中在中、短程，長程航線數較少。

4.1.7 共掛航班數占比

Innovata 2016 航班資料庫中紀錄了每個航班是否為共掛航班，當該航班為共掛航班時，分別標註提供共掛班機的航空公司、使用其他公司共掛班機營運該航線的航空公司，本研究據此計算出每條航線上的共掛航班數，再將共掛航班數除以總航班數，求得共掛航班占比。資料中共有 944 條現有航線沒有共掛航班的狀況。

4.1.8 樞紐機場個數

航空公司可透過樞紐機場建構航空網路，以中轉航線取代起迄機場間的直飛航線，對航空公司而言不但可以減少佈設航網的成本，也能整合旅客流量達到規模經濟(O'Kelly& Miller,1994)，因此本研究選擇樞紐機場時考量該機場是否有潛力分散掉直飛航班，選取依據為穩定且大量連結區域內市場與歐美等成熟市場的機場。此變數的處理方式步驟為：

1. 首先必須從資料中挑選出潛在樞紐機場，本研究參考現有航線資料、運量資料，選取穩定且大量連結區域內市場與歐美等成熟市場的機場作為潛在樞紐機場(表 4.4、表 4.5、表 4.6)
2. 計算起迄航點經由潛在樞紐機場中轉的航線距離，並篩選出在彎繞係數 1.4 內的潛在樞紐機場，即排除掉中轉航線距離超過直飛航線距離 1.4 倍的潛在樞紐機場。(彎繞係數計算方式為：中轉航線距離/直飛航線距離)
3. 篩選出可以中轉旅客的現有樞紐機場，其條件是必須同時有連結起點機場及迄點機場的航線，並將目前沒有連結起點機場或迄點機場的樞紐機場刪去
4. 加總起迄航點彎繞係數 1.4 倍內可連結之現有樞紐機場個數

表 4.4 歐洲地區樞紐機場列表

洲別	區域	國家	樞紐機場
歐洲	西歐	英國	希斯洛機場(LHR) 曼徹斯特機場(MAN)
		法國	戴高樂機場(CDG)
		荷蘭	阿姆斯特丹機場(AMS)
	中歐	德國	法蘭克福機場(FRA) 慕尼黑機場(MUC)
		奧地利	維也納機場(VIE)
		瑞士	蘇黎世機場(ZRH)

表 4.5 亞洲地區樞紐機場列表

洲別	區域	國家	樞紐機場
亞洲	東北亞	台灣	桃園機場(TPE)
		日本	成田機場(NRT)
		韓國	仁川機場(ICN)
		香港	赤鱗角機場(HKG)
	中國	中國	上海浦東機場(PVG) 北京首都機場(PEK) 廣州白雲機場(CAN)
	東南亞	新加坡	樟宜機場(SIN)
		泰國	曼谷機場(BKK)
	北亞	俄羅斯	謝列梅傑沃機場(SVO)
	中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜機場(DXB) 阿布達比機場(AUJ)
		土耳其	伊斯坦堡機場(IST)

表 4.6 北美地區樞紐機場列表

洲別	區域	國家	樞紐機場
北美	北美西岸	美國	洛杉磯機場(LAX) 舊金山機場(SFO)
			奧黑爾機場(ORD)
	北美東岸	美國	甘迺迪機場(JFK) 紐約機場(EWR) 亞特蘭大機場(ATL) 邁阿密機場(MIA)
		加拿大	多倫多皮爾遜機場(YYZ)

4.1.9 低成本航空

為了降低起降費等營運成本，部份低成本航空選用離市中心較遠的次級機場，在缺乏次級機場或是次級機場交通極為不便的國家，低成本航空也會採用主要機場作為營運基地；有時政府為了紓解主要國際機場的壅塞情形，會主動要求低成本航空公司轉移至特定機場，如亞洲航空、泰國亞航被泰國政府要求從素萬那普機場(BKK)遷至廊曼機場(DMK)。本研究將航線依營運航空公司特性分為三類(表 4.7)，第一類為同時有傳統航空及低成本航空營運的航線，共計 508 條，其中越洋航線佔了 99 條，區域航線有 409 條；第二類為僅由傳統航空營運的航線，共有 1629 條，其中越洋航線佔了 714 條，區域航線佔了 915 條；第三類為僅有低成本航空營運的航線，共有 188 條，其中有 44 是越洋航線，144 條是區域航線。反映出大部份低成本航空為提升飛機使用率以提升載客量，而經營航程較短的區域航線，近年來亦有低成本航空搶進中長途航線市場，如亞洲航空長途公司(亞航 X)營運馬來西亞吉隆坡機場(KUL)-沙烏地阿拉伯阿卜杜拉·阿齊茲國王國際機場(JED)航線。表 4.8 為低成本航空與傳統航空經營航線之比較，資料顯示同時有低成本與傳統航空公司經營之航線，其平均航班數明顯有較高的趨勢。

表 4.7 航線上營運航空公司之特性

航線上營運航空公司特性	航線類型	航線個數	總計
同時有傳統航空及低成本航空營運	越洋	99	508
	區域	409	
航線上僅有傳統航空	越洋	714	1629
	區域	915	
航線上僅有低成本航空	越洋	44	188
	區域	144	
未開航	-	10162	10162

表 4.8 低成本航空與傳統航空經營航線之比較

	平均航線距離(英里)	平均航班數	平均起點機場國際旅客運量(人次)	平均迄點機場國際旅客運量(人次)
僅低成本航空的航線	1422.707	594.6064	16173242	10323779
僅傳統航空的航線	3170.386	973.2634	25056977	19203631
同時有傳統航空及低成本航空營運	1657.183	3312.925	28056478	21300903

4.1.10 基地航空公司機隊數

傳統航空公司多以樞紐機場為基地將旅客轉運到其他航點，部份低成本航空為了節省成本則選擇以次級機場為基地，航空公司往往在基地機場提供較多的服務。本研究以機場為單位，採計以各起點機場為基地或是重要樞紐的基地航空公司機隊數，並分為窄體客機及廣體客機二類，由於螺旋槳飛機多使用在國內航線，故不納入考量，航線資料中出現的機型列於附錄表 4，從表中可看出除了常見的飛機製造商如波音及空中巴士，還有一些是俄羅斯的製造商如蘇愷、圖波列夫，其客戶多為中東之航空公司。酌列部份機場基地航空公司機隊資料如表 4.9。

表 4.9 起點機場之基地航空公司機隊數

國家	機場代碼	基地航空公司代碼	窄體客機	廣體客機	小計
日本	NRT	JW/NH/JL/GK/MM	276	325	601
日本	KIX	NH/JL/GK/MM	276	311	587
日本	HND	NH/JL/7G	276	121	397
日本	NGO	NH/GK/DJ	161	421	582
日本	FUK	無	0	0	0
韓國	ICN	OZ/KE/RS/ZE/7C/LJ	187	143	330
韓國	PUS	BX	0	242	24
韓國	GMP	OZ/KE	183	65	248

4.1.11 是否有免簽證待遇

Projectvisa.com 網站可查詢到各國簽證政策的資訊，包含了各國對哪些國家提供免簽證待遇及可停留天數、各國允許哪些國家旅客可提前辦理簽證或是可申請電子簽證等資訊。本研究將此變數設定為虛擬變數，若起點國家旅客到迄點國家不需辦理簽證則設為 1，其餘設為 0。

4.2 皮爾森相關係數

在迴歸模式中，若自變數間存在高度相關，多重共線性會導致模型結果失準，因此在建構模式前必須檢視變數的選取是否恰當。本研究以皮爾森相關係數 (Pearson correlation coefficient) 分析連續變數間的相關性，皮爾森相關常用在呈現連續變數間的相關性，其值介於-1 到 1 之間，相關程度如表 4.10 所示，雖然在多元迴歸模型中難以避免多重共線性的問題，但只要相關係數在可接受的範圍內即可。

表 4.10 皮爾森相關係數絕對值與相關程度

相關係數絕對值	相關程度
1	完全相關(Perfect correlated)
0.7~0.99	高度相關(Highly correlated)
0.4~0.69	中度相關(Moderately correlated)
0.1~0.39	低度相關(Modestly correlated)
0.01~0.09	接近無相關 (Weakly correlated)
0	無相關

從皮爾森相關係數矩陣(表 4.11)中，可以發現旅遊競爭力指標(TTCI)和國家競爭力指標(GCI)的相關係數絕對值 >0.7 ，存在著高度相關，可能是因為這兩項指標皆來自於世界經濟論壇，用來衡量兩者的細項指標有所重疊，為了避免多重共線性的問題，本研究將起點機場的旅遊競爭力指標及國家競爭力指標採取較大值，合併為一個新變數-綜合競爭力指標 DepIndex，對迄點機場同樣產生一個新變數 ArrIndex，綜合競爭力指標可充分呈現機場所在國家的經濟表現及觀光資源。其他變數間則均僅存在著中低度以下的相關性。

表 4.11 皮爾森相關係數矩陣

	Distance	DepIntPax	ArrIntPax	Hubs	DepTTCI	ArrTTCI	DepGCI	ArrGCI	CodeSharingRate	Fleet
Distance	1.00000000	0.022084516	-0.035057973	0.3117165	0.116962933	0.198769399	0.095238352	0.137348197	-0.17186529	0.070122934
DepIntPax	0.02208452	1.000000000	-0.006094873	0.3424580	0.305297048	-0.001703830	0.409781923	-0.002547646	0.26957206	0.243433430
ArrIntPax	-0.03505797	-0.006094873	1.000000000	0.3210202	0.000600787	0.173487772	-0.001946658	0.257619501	0.26569973	0.006432140
Hubs	0.31171647	0.342458000	0.321020153	1.0000000	0.166128235	0.144027543	0.150807255	0.188182162	0.19211683	0.241701487
DepTTCI	0.11696293	0.305297048	0.000600787	0.1661282	1.000000000	-0.012934432	0.892176869	-0.010677703	0.16708883	0.515780315
ArrTTCI	0.19876940	-0.001703830	0.173487772	0.1440275	-0.012934432	1.000000000	-0.010495280	0.762595911	0.03361819	-0.008464108
DepGCI	0.09523835	0.409781923	-0.001946658	0.1508073	0.892176869	-0.010495280	1.000000000	-0.010997076	0.17192264	0.400906380
ArrGCI	0.13734820	-0.002547646	0.257619501	0.1881822	-0.010677703	0.762595911	-0.010997076	1.000000000	0.09386999	-0.006182850
CodeSharingRate	-0.17186529	0.269572055	0.265699727	0.1921168	0.167088826	0.033618193	0.171922644	0.093869990	1.00000000	0.165269388
Fleet	0.07012293	0.243433430	0.006432140	0.2417015	0.515780315	-0.008464108	0.400906380	-0.006182850	0.16526939	1.000000000

4.3 零膨脹負二項迴歸模型建立

零膨脹負二項迴歸模型是由一個 logit 模型及一個負二項模型結合而成，前者探討影響航線開航與否的因素，後者探討影響航線上直飛航班數的因素，兩者的影響因素應並非完全相同。故本研究針對 logit 模型及負二項模型各別選取合適的變數，後者比前者多採用航線上樞紐機場個數、航線上是否有 LCC 營運、航線上共掛航班數占比三個變數。

在解讀 logit 模型時，無法像線性迴歸模型一樣直接對係數做解釋，但可方便使用勝算比方式進行解釋。在了解勝算比之前必須先知道何謂勝算，勝算指的是一件事情發生的機率與一件事情沒發生機率的比值，舉例來說，拋硬幣時正面出現的機率為 0.5，出現反面的機率，即正面沒出現的機率也是 0.5，所以勝算是 $0.5/0.5=1$ ，而勝算比就是將兩件事情的勝算進行比較。勝算比公式為 $p/(1-p) = \exp(x_i'\beta)$ ，其解釋可以分為類別變數與連續變數，假若欲探討性別(男性=1，女性=0)、年齡(連續變數)與心臟病發的關係，性別變數的勝算比 $\exp(\beta_j)$ 為 1.5，表示男性的心臟病發勝算為女性的 1.5 倍；然而對於連續變數無法直接以勝算比解釋，必須以 $\exp(x_i'\beta + \beta_j) = \exp(x_i'\beta) * \exp(\beta_j)$ 來表達連續變數每增加一單位對依變數的影響，就前面的例子而言，年齡變數的勝算比 $\exp(\beta_j)$ 為 1.05，表示年齡每增加一歲，心臟病發的勝算是原始情境的 1.05 倍，增加的倍數以 $\exp(x_i'\beta + \beta_j) - \exp(x_i'\beta) = \exp(x_i'\beta) * (\exp(\beta_j) - 1)$ 表示，即比原始情境增加 $(\exp(\beta_j) - 1) = 1.05 - 1 = 0.05$ 倍的勝算。

必須注意的是一般 logit 迴歸模型的參數估計值取指數後為「事件發生」的勝算增減的比例；然而在零膨脹負二項迴歸模型的 logit 部份，係以發生零的事件作為發生機率(=1)，因此參數估計值的正負號與一般 logit 迴歸模型相反，取指數後為「事件不發生(無直航)」的勝算增減的比例，在解釋上需稍加留意。

4.3.1 零膨脹負二項迴歸模型

零膨脹負二項模型參數估計結果如表 4.12 所示， θ 為離散參數 α 的倒數， θ 值為 1.8902，換算為 α 等於 0.52904455， $\log(\theta)$ 在模式中顯著表示資料在統計上有明顯的過度離散問題，因此適用零膨脹負二項模型。Log-likelihood 值越大表示模型越好，AIC 值越小亦表示模型配適度越佳，模型的 Log-likelihood 值及 AIC 值分別為 -21560 及 43189.19。

表 4.12 零膨脹負二項模型參數估計結果

	零膨脹負二項模型 logit 部份		零膨脹負二項模型 負二項部份	
	Estimate	Pr(> z)	Estimate	Pr(> z)
intercept	3.14036	3.84e-13 ***	5.03234	< 2e-16 ***
相同語言/殖民關係	-0.96268	< 2e-16 ***	0.29126	2.04e-11 ***
起點機場國際運量	-0.03853	< 2e-16 ***	0.01363	< 2e-16 ***
迄點機場國際運量	-0.05655	< 2e-16 ***	0.01735	< 2e-16 ***
起點機場國家綜合競爭力	-0.22338	0.00397 **	0.05837	0.161776
迄點機場國家綜合競爭力	-0.18181	0.00125 **	0.09822	0.001936 **
航線距離	0.06882	< 2e-16 ***	-0.01310	< 2e-16 ***
起點機場基地航空公司機隊數	-0.02220	< 2e-16 ***	0.00375	2.92e-08 ***
是否提供免簽待遇	0.00227	0.97475	0.12267	0.000578 ***
起點機場是否位在多機場區域	0.08992	0.36972	-0.12746	0.024155 *
起點機場是否為主要機場	-0.95774	2.40e-15 ***	0.46650	2.27e-13 ***
迄點機場是否位在多機場區域	0.91939	1.65e-13 ***	0.07177	0.320040
迄點機場是否為主要機場	-1.46993	< 2e-16 ***	0.15979	0.059595 .
航線上樞紐機場個數			-0.05347	< 2e-16 ***

航線上是否有 LCC 營運			0.62471	< 2e-16 ***
航線上共掛航班數占比			0.42398	< 2e-16 ***
Log(θ)			0.63668	< 2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ----- 樣本數:12487 Log-likelihood:-21560 AIC= 43189.19 θ = 1.8902				

4.3.1.1 參數估計結果-logit 部份

在 logit 模型中，選擇的變數有：相同語言/殖民關係、起點機場國際運量、迄點機場國際運量、起點機場國家綜合競爭力、迄點機場國家綜合競爭力、航線距離、起點機場基地航空公司機隊數、是否提供免簽待遇、起點機場是否位在多機場區域、起點機場是否為多機場區域主要機場、迄點機場是否位在多機場區域、迄點機場是否為多機場區域主要機場。

$$\begin{aligned}
F(x'_i\beta) = & \beta_0 + \beta_1 * \text{LanguageColon} + \beta_2 * \text{DepPax} + \beta_3 * \text{ArrPax} \\
& + \beta_4 * \text{DepIndex} + \beta_5 * \text{ArrIndex} + \beta_6 * \text{Distance} + \beta_7 * \text{Fleet} \\
& + \beta_8 * \text{VisaIndex} + \beta_9 * \text{DepMul} + \beta_{10} * \text{DepPri} + \beta_{11} * \text{ArrMul} \\
& + \beta_{12} * \text{ArrPri}
\end{aligned}$$

從表 4.12 的 logit 之模型參數估計結果可以發現，亞洲機場直飛航線的開航動因除了是否提供免簽待遇及起點機場是否位在多機場區域不顯著外，其他變數皆具有統計上的意義。其中起點機場國家綜合競爭力及迄點機場國家綜合競爭力在顯著水準為 0.01 下顯著；其餘變數皆在顯著水準為 0.001 下顯著。

4.3.1.2 參數估計結果-負二項部份

在負二項模型中，選擇的變數有：相同語言/殖民關係、起點機場國際運量、迄點機場國際運量、起點機場國家綜合競爭力、迄點機場國家綜合競爭力、航線距離、起點機場基地航空公司機隊數、是否提供免簽待遇、起點機場是否位在多機場區域、起點機場是否為多機場區域主要機場、迄點機場是否位在多機場區域、迄點機場是否為多機場區域主要機場、航線上樞紐機場個數、航線上是否有 LCC 營運、航線上共掛航班數占比。

$$\begin{aligned}\lambda(\text{AnnualFlights}) = & \beta_0 + \beta_1 * \text{LanguageColon} + \beta_2 * \text{DepPax} + \beta_3 * \text{ArrPax} \\ & + \beta_4 * \text{DepIndex} + \beta_5 * \text{ArrIndex} + \beta_6 * \text{Distance} + \beta_7 * \text{Fleet} \\ & + \beta_8 * \text{VisaIndex} + \beta_9 * \text{DepMul} + \beta_{10} * \text{DepPri} + \beta_{11} * \text{ArrMul} \\ & + \beta_{12} * \text{ArrPri} + \beta_{13} * \text{Hubs} + \beta_{14} * \text{LCC} + \beta_{15} * \text{CodeSharingRate}\end{aligned}$$

從表 4.12 的負二項之模型參數估計結果可以發現，起點機場國家綜合競爭力、迄點機場是否位在多機場區域不顯著；其他變數的符號皆符合預期且在統計上具顯著意義。其中迄點機場是否為多機場區域的主要機場在 0.1 的顯著水準下顯著，迄點機場國家綜合競爭力在 0.01 的顯著水準下顯著，起點機場是否位在多機場區域在 0.05 的顯著水準下顯著；其餘變數在 0.001 的顯著水準下顯著。

4.3.2 修正後零膨脹負二項迴歸模型

茲就原模式中較不顯著之變數討論如下：

● Logit 部份：

1. 機場國家綜合競爭力：分別看起點機場所在國家的綜合競爭力或是迄點機場所在國家的綜合競爭力的話，對航線是否開航的解釋能力較弱。因此在修正

模型時，本研究將起點機場綜合競爭力及迄點機場綜合競爭力相乘成為一個新變數，以反映起迄兩國互動的強度，預期對是否開航的解釋能力會更強。

2. 是否有免簽待遇:迄點國家是否提供免簽待遇給起點國家旅客不足以解釋是否開航，推測可能原因為航線可分為區域航線及越洋航線兩種類型，對於旅客而言，因為搭乘越洋航線旅行成本高昂，迄點國家是否提供他們免簽待遇並不足夠成為他們旅行的誘因；反之，搭乘區域航線旅行時間及花費金額較低，迄點國家若提供免簽待遇，較能夠吸引旅客。因此本研究將此變數修改為「區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇」，若該航線為區域航線且迄點國家提供免簽待遇則為 1，否則為 0，預期其對是否開航的解釋能力會更強。
3. 起點機場是否位在多機場區域: 本研究原認為多機場區域的主要機場較有連結其他機場的優勢，因此位在多機場區域的次要機場與其他機場連結的可能性會大大降低，然而此變數在統計上不具顯著意義。推測可能原因是所謂的多機場區域大多位在一個國家的首都或是大型都會區如台灣台北、日本東京、泰國曼谷，主要機場經常是繁忙的大型樞紐機場，故起點機場若是位在多機場區域的主要機場對其連結到其他機場的機會大幅提升，然而航空公司有可能因為主要機場的使用費過於昂貴/跑道壅塞而主動選擇連結次要機場，或是政府決定紓解主要機場交通而要求部份航空公司必須遷移至次要機場，加上次要機場仍有位於首都的地利之便，而且該等機場均曾經為重要機場，使得在同樣條件下從多機場區域次要機場連結到其他航點的可能性與其他非多機場區域機場並沒有顯著差異，可能是導致起點機場是否位在多機場區域在統計上不顯著的原因。

● 負二項部份:

1. 機場國家綜合競爭力:由於航線是否開航是兩個航點經貿互動、旅客往來下的結果，單看機場所在國家的綜合競爭力對航線是否開航無解釋能力，為了提高變數解釋能力，在修正模型中將起點機場綜合競爭力及迄點機場綜合競爭力相乘成為一個新變數，以反映起迄兩國互動的強度。
2. 機場是否位在多機場區域、是否為多機場區域的主要機場:從多機場區域列表(表 4.3)中可看出部份多機場區域不只有兩座機場，若僅用虛擬變數描述是否位在多機場區域則不足以檢視位在多機場區域之機場的劣勢，因此本研究在修正模型中將機場是否位在多機場區域改為「位在多機場區域之機場的鄰近機場數」(變數代碼:DepNum、ArrNum)，若該機場不位在多機場區域則值為 0，若機場位在多機場區域則至少會有一座鄰近機場，因此值至少為 1。為了觀察 logit 模型在修正多機場變數後，結果是否會更佳，本研究在 logit 及負二項模型中都做了修正多機場區域變數的修正。

比較修正前(表 4.12)及修正後(表 4.13)的零膨脹負二項迴歸模型，修正後的模型 log-likelihood 值為-21540，大於修正前的模型；修正後的模型 AIC 值為 43141.33，小於修正前的模型，表示修正後的模型得到較好的結果。

表 4.13 修正後零膨脹負二項模型參數估計結果

	零膨脹負二項模型 logit 部份		零膨脹負二項模型 負二項部份	
	Esitimate	Pr(> z)	Esitimate	Pr(> z)
intercept	2.21832	< 2e-16 ***	5.34207	< 2e-16 ***
相同語言/殖民關係	-0.97559	< 2e-16 ***	0.28704	2.54e-11 ***
起點機場國際運量	-0.03828	< 2e-16 ***	0.01329	< 2e-16 ***
迄點機場國際運量	-0.05816	< 2e-16 ***	0.01753	< 2e-16 ***
起迄機場國家綜合競爭力乘積	-0.04005	1.59e-05***	0.02074	3.95e-05 ***
航線距離	0.06745	< 2e-16 ***	-0.01289	< 2e-16 ***
起點機場基地航空公司機隊數	-0.02227	< 2e-16 ***	0.00347	1.51e-07 ***
區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇	-0.24339	0.0024 **	0.11622	0.00244 **
位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數	0.08858	0.1709	-0.09364	0.00980 **
起點機場是否為主要機場	-0.96929	< 2e-16 ***	0.44964	< 2e-16 ***
位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數	0.55573	< 2e-16 ***	-0.08752	0.02217 *
迄點機場是否為主要機場	-1.20714	< 2e-16 ***	0.31888	5.36e-07 ***
航線上樞紐機場個數			-0.05269	< 2e-16 ***
航線上是否有 LCC 營運			0.61076	< 2e-16 ***
航線上共掛航班數占比			0.41054	< 2e-16 ***
Log(θ)			0.63912	< 2e-16 ***
Signif. codes: 0 '***' 0.001 '**' 0.01 '*' 0.05 '.' 0.1 ' ' 1 ----- 樣本數:12487 Log-likelihood:-21540 AIC=43141.33 θ =1.8948				

4.3.2.1 修正後模型參數估計結果-logit 部份

在修正後的 logit 模型中，選擇的變數有：相同語言/殖民關係、起點機場國際運量、迄點機場國際運量、起迄機場國家綜合競爭力乘積、航線距離、起點機場基地航空公司機隊數、區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇、位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數、起點機場是否為多機場區域主要機場、位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數、迄點機場是否為多機場區域主要機場。

$$\begin{aligned} F(x'_i\beta) = & \beta_0 + \beta_1 * \text{LanguageColon} + \beta_2 * \text{DepPax} + \beta_3 * \text{ArrPax} \\ & + \beta_4 * (\text{DepIndex} * \text{ArrIndex}) + \beta_5 * \text{Distance} + \beta_6 * \text{Fleet} \\ & + \beta_7 * \text{VisaRegion} + \beta_8 * \text{DepNum} + \beta_9 * \text{DepPri} + \beta_{10} * \text{ArrNum} \\ & + \beta_{11} * \text{ArrPri} \end{aligned}$$

根據表 4.13 的結果，除了位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數不顯著，其餘變數皆顯著。該變數原本為「起點機場是否位在多機場區域」，推測變數修正後仍不顯著的原因為本研究之起點機場位於亞洲及中東，中東並無多機場區域，而亞洲之多機場區域除了俄羅斯莫斯科有三座機場之外，其餘多機場區域皆僅有二座機場(表 4.3)，也就是說當變數修改為「位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數」後，位在俄羅斯莫斯科的起點機場有兩座鄰近機場，其他起點機場的鄰近機場皆為一座，僅有俄羅斯莫斯科的起點機場變數輸入值從 1(起點機場位在多機場區域之虛擬變數)變成 2(位在多機場區域的鄰近機場數)，其他起點機場變數輸入值維持 1，由於大部份資料此變數的輸入值不變，故「位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數」變數和模型修正前一樣不顯著。

表 4.14 修正後零膨脹負二項迴歸模型-logit 部份結果

	β_i 估計值	Pr(> z)	勝算比 Exp(β_i)	Exp(β_i)-1
相同語言/殖民關係	-0.97559	< 2e-16 ***	0.37697	-0.62303
起點機場國際運量	-0.03828	< 2e-16 ***	0.96245	-0.03755
迄點機場國際運量	-0.05816	< 2e-16 ***	0.94350	-0.05650
起迄國家綜合競爭力乘積	-0.04005	1.59e-05***	0.96074	-0.03926
航線距離	0.06745	< 2e-16 ***	1.06977	0.06977
起點機場基地航空公司機隊數	-0.02227	< 2e-16 ***	0.97798	-0.02202
區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇	-0.24339	0.0024 **	0.78396	-0.21603
位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數	0.08858	0.1709	1.09262	0.09262
起點機場是否為主要機場	-0.96929	< 2e-16 ***	0.37935	-0.62065
位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數	0.55573	< 2e-16 ***	1.74322	0.74322
迄點機場是否為主要機場	-1.20714	< 2e-16 ***	0.29905	-0.70095

有顯著影響的變數之結果如表 4.14 所示。係數估計值為正且顯著的變數有距離、位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數，其勝算比分別為 1.06977、1.74322，意思是相較於初始情境，航線距離每增加百英里，不開航的勝算增加 0.06977 倍，表示航線距離越高對航線開航越不利；位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數每增加一個，不開航的勝算增加 0.74322 倍，表示迄點機場若是位在多機場區域，鄰近機場數越多則面臨越大的競爭，不開航的機率會大幅提升。

係數估計值為負的變數有相同語言/殖民文化、起點機場運量、迄點機場運量、起迄機場國家綜合競爭力指標乘積、基地航空公司機隊數、區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇、起點機場是否為多機場區域的主要機場、迄點機場是否

為多機場區域的主要機場，勝算比分別為 0.37697、0.96245、0.94350、0.96074、0.97798、0.78396、0.37935、0.29905，即相較於初始情境，變數每增加一單位，不開航的勝算減少 0.62303、0.03755、0.05650、0.03926、0.02202、0.21604、0.62065、0.70095，亦即起迄國家使用相同語言或是曾有殖民關係的話，航線不開航的機率是起迄國家沒有使用相同語言也不曾有殖民關係的 0.37697 倍，顯示此變數是影響是否開航的關鍵因素；而起迄機場運量、起迄機場國家綜合競爭力指標乘積越高，開航的機會也隨之提升；另外，起點機場的基地航空公司機隊數越龐大，表示以該起點機場為基地的航空公司越多或是營運規模越大，對提升起點機場連結到其他機場的機率有所助益；區域航線之迄點國家提供免簽待遇，航線不開航的機率是非區域航線之迄點國家無提供免簽待遇的 0.78396 倍，顯示可免簽證入境的區域航線開航機率較大；當起點機場及迄點機場為多機場區域的主要機場時，航線不開航的機率分別是起迄機場非多機場區域主要機場的 0.37935 倍及 0.29905 倍，多機場區域多為國家首都或是大型都會區，位在多機場區域的主要機場往往為一個國家主要的聯外機場，結果顯示主要機場佔有開航的優勢。

4.3.2.2 修正後模型參數估計結果-負二項部份

在修正後的負二項模型中，使用的變數有：相同語言/殖民關係、起點機場國際運量、迄點機場國際運量、起迄機場國家綜合競爭力乘積、航線距離、起點機場基地航空公司機隊數、區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇、位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數、起點機場是否為多機場區域主要機場、位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數、迄點機場是否為多機場區域主要機場、航線上樞紐機場個數、航線上是否有 LCC 營運、航線上共掛航班數占比。

$$\begin{aligned}\lambda(\text{AnnualFlights}) = & \exp(\beta_0 + \beta_1 * \text{LanguageColon} + \beta_2 * \text{DepPax} + \beta_3 * \text{ArrPax} \\ & + \beta_4 * \text{DepIndex} + \beta_5 * \text{ArrIndex} + \beta_6 * \text{Distance} + \beta_7 * \text{Fleet} \\ & + \beta_8 * \text{VisaRegion} + \beta_9 * \text{DepNum} + \beta_{10} * \text{DepPri} + \beta_{11} * \text{ArrNum} \\ & + \beta_{12} * \text{ArrPri} + \beta_{13} * \text{Hubs} + \beta_{14} * \text{LCC} + \beta_{15} * \text{CodeSharingRate})\end{aligned}$$

模型經過修正後，所有變數皆達到顯著，表示本研究所選變數對模式皆有顯著影響，表 4.15 中列出修正後負二項部份結果。

表 4.15 修正後零膨脹負二項迴歸模型-負二項部份結果

	β_i 估計值	$\Pr(> z)$	$\text{Exp}(\beta_i)$	$\text{Exp}(\beta_i)-1$
相同語言/殖民關係	0.28704	2.54e-11 ***	1.33248	0.33248
起點機場國際運量	0.01329	< 2e-16 ***	1.01338	0.01338
迄點機場國際運量	0.01753	< 2e-16 ***	1.01769	0.01769
起迄國家綜合競爭力乘積	0.02074	3.95e-05 ***	1.02096	0.02096
航線距離	-0.01289	< 2e-16 ***	0.98719	-0.01281
起點機場基地航空公司機隊數	0.00347	1.51e-07 ***	1.00348	0.00348
區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇	0.11622	0.00244 **	1.12324	0.12324
位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數	-0.09364	0.00980 **	0.91061	-0.08939
起點機場是否為主要機場	0.44964	< 2e-16 ***	1.56774	0.56774
位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數	-0.08752	0.02217 *	0.91620	-0.08380
迄點機場是否為主要機場	0.31888	5.36e-07 ***	1.37558	0.37558
航線上樞紐機場個數	-0.05269	< 2e-16 ***	0.94867	-0.05133
航線上是否有 LCC 營運	0.61076	< 2e-16 ***	1.84183	0.84183
航線上共掛航班數占比	0.41054	< 2e-16 ***	1.50763	0.50763

根據表 4.15，對航班數有正面影響的變數為相同語言/殖民文化、起迄機場國際旅客運量、起迄機場國家綜合競爭力指標乘積、基地航空公司機隊數、區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇、起迄機場是否為位在多機場區域的主要機場、

是否有 LCC、共掛航班數占比。在三項虛擬變數中，相同語言/殖民文化的係數估算值為 0.28704， $\text{Exp}(\beta_i)$ 為 1.33248，表示若航線起點機場所在國家與迄點機場所在國家使用相同語言或是曾有殖民關係的話，將比不使用相同語言且無殖民關係的航線航班數多 0.33248 倍，顯示出若起迄兩國旅客可用相同語言溝通或曾有殖民歷史淵源，更能刺激旅客旅遊意願，帶動航班數成長；LCC 的係數估計值為 0.61076， $\text{Exp}(\beta_i)$ 為 1.84183，表示吸引低成本航空營運的航線之航班數，會是沒有低成本航空營運之航線航班數的 1.84183 倍，航線上旅客因為低成本航空的加入，低廉的票價提升旅客搭機的意願，進而提升航線上的航班數；區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇的係數估計值為 0.11621， $\text{Exp}(\beta_i)$ 為 1.12324，顯示出若區域航線迄點國家提供起點國家旅客免簽優惠的話，航線上的航班數會比迄點國家沒有提供起點國家免簽優惠高出 0.12324 倍，表示可能因為減免了簽證費用及辦理手續，而提升了區域航線旅客運量，促使航班數有所成長。

而其餘對航線航班數有顯著正面影響的連續變數中，起點機場國際旅客運量、迄點機場國際旅客運量、起迄機場國家綜合競爭力指標乘積、基地航空公司機隊數、共掛航班數占比的係數估計值分別為 0.01329、0.01753、0.02074、0.00347、0.41054， $\text{Exp}(\beta_i)$ 分別為 1.01338、1.01769、1.02096、1.00348、1.50763。從結果可發現起點機場國際旅客運量及迄點機場國際旅客運量每增加百萬人，會使航線航班數分別變為初始情境的 1.01338 倍及 1.01769 倍；起迄機場綜合競爭力指標乘積每增加一單位，航線航班數為初始情境的 1.02096 倍，顯示機場運量及國家的經濟實力/旅遊資源為旅次產生的重要驅動因素。以起點機場為基地的航空公司機隊數越多，表示該機場規模越大，另一方面也顯示該機場有足夠的機隊資源開駛航班，因此對航線航班數有正面影響。共掛航班的合作經營模式常見於短途高航班頻率的航線上，或是接駁長程航線的短程航班，藉以提供旅客更多的航班選擇，因此共掛航班數占比越高的航線，有航班數越多的特性。

另一方面，航線距離、樞紐機場個數的係數估計值分別為-0.01289 及 -0.05269， $\text{Exp}(\beta_i)$ 分別為 0.98719、0.94867，表示航線距離越長不利於航班數的增加，距離每增加一百英里，航班數減少 0.01281 倍；而航線上樞紐機場個數越多，越有可能形成中轉航班，使得直飛航班受到影響，因此對航班數而言，樞紐機場個數亦是不利的影響因素。

最後值得注意的是多機場區域變數：位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數、起點機場是否為多機場區域主要機場、位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數、迄點機場是否為多機場區域主要機場，係數估計值分別為-0.09364、0.44964、-0.08752、0.31888， $\text{Exp}(\beta_i)$ 分別為 0.91061、1.56774、0.91620、1.37558，顯示位在多機場區域的機場之鄰近競爭機場數越多，對該機場的航線航班數有負面影響，但若是位在多機場區域的主要機場，則占有闢駛航班的優勢。

第五章 結果分析與討論

本研究依據第 3.2.5 小節之零膨脹負二項迴歸模型期望值及變異數的公式，計算每條航線的航班數預測值及預測區間，觀察航班數實際值是否落在預測區間內，並進一步分析預測失準的原因。

本研究先設定一開航判斷標準判斷航線是否開航，若航線開航機率($1 - w_i$)高於開航判定標準則預測該航線會開航，接著再對預測會開航之航線航班數進行分析，若航班數的實際值落在預測區間內則為預測準確、若航班數的實際值高於預測區間則為低估，若航班數的實際值低於預測區間則為高估。分析結果矩陣如表 5.1 所示。

表 5.1 分析結果矩陣

預測結果 實際航線資料	有開航	沒有開航
有開航	Type1 <u>預測準確</u> :航班數的實際值落在預測區間內 Type2 <u>高估</u> :航班數的實際值低於預測區間 Type3 <u>低估</u> :航班數的實際值高於預測區間	Type5 預測錯誤
沒有開航	Type4 預測錯誤	Type6 <u>預測準確</u>

5.1 開航判定標準設定

本研究所有航線起點機場皆位在亞洲及中東，航線類型可分為區域航線及越洋航線，其中區域航線包含迄點機場位在亞洲或是中東的航線，越洋航線為迄點機場位在歐洲、美洲、非洲、大洋洲的航線，由於不同類型、不同洲別的航線有其差異性，因此必須設定不同的開航判定標準。為了找出最佳開航判斷標準，使

模型預測準確率最大化，本研究預先將航線距離相近的洲別分組，計算各組航線在不同開航判定標準下的預測準確率，並選擇預測準確率最高者為該組的最佳開航判定標準，結果如表 5.2。從表中可看出開航判定標準最高的為連結亞洲及中東的區域航線，次高的為飛往非洲、大洋洲及飛往歐洲的越洋航線，最低的是美洲航線，最佳開航判定標準僅 0.3，美洲平均航線距離 7994.49 英里，是各組別中最遠的航程，觀察飛往美洲的現有航線，開航機率幾乎都小於 0.3，多由大型樞紐機場出發，這些航線之所以可以開航，是由於許多中小型機場並沒有闢駛飛往美洲的長程航線，旅客必須透過大型樞紐機場進行中轉，因此提升了大型樞紐機場與美洲機場連結的機會，由於航程長不利於開航，加上本研究未特別考量到機場是否為大型樞紐機場，因此在計算時出現低估美洲主要機場航線開航機率的情形。

表 5.2 各組別航線最佳開航判定標準及最大預測準確率

組別	最佳開航判定標準	預測準確率
亞洲、中東	0.6	76.31%
歐洲	0.55	90.49%
非洲、大洋洲	0.55	85.96%
美洲	0.3	91.12%

5.2 航班數預測值及預測區間

計算方法如下：首先將樣本資料代入 logit 模型，得到 $F(x'_i\beta)$ 值，透過公式 $w_i = \frac{\exp(x'_i\beta)}{1+\exp(x'_i\beta)}$ 求得航線不開航的機率 w_i ；接著將樣本資料代入負二項模型，經處理後得到 $\lambda_i(\text{AnnualFlights})$ ，然後依據負二項模型期望值公式 $E(Y_i|X_i) = \lambda_i$ 計算出每條航線的航班數預測值，最後再依變異數公式 $\text{Var}(Y_i|X_i) = \lambda_i(1 + \alpha\lambda_i)$ 計算出變異數，開根號後求得標準差，將航班數預測值加減標準差即為每條航線的航班數預測區間。一般常以距離預測值一個標準差至

三個標準差的範圍作為預測區間，當以預測值加減一個標準差的範圍作為預測區間時，可以表示成有真正的航班數有 68%的機率會落在區間內；當以預測值加減二個標準差的範圍作為預測區間時，可以表示成有真正的航班數有 95%的機率會落在區間內；當以預測值加減三個標準差的範圍作為預測區間時，可以表示成有真正的航班數有 99.7%的機率會落在區間內。本研究選擇較為嚴格的方式，即較窄的區間，以預測值加減一個標準差的範圍作為預測區間。

依開航判定標準預測航線是否開航後，再針對預測會開航的航線之直飛航班數進行分析，若航班數的實際值落在預測區間內則為預測準確，若航班數的實際值高於預測區間則為低估，若航班數的實際值低於預測區間則為高估。各組航線航班數預測準確率如表 5.3 所示，其中預測會開航航線數為預測準確 Type1、高估 Type2、低估 Type3、預測錯誤 Type4 航線數的總和，預測不開航航線數為預測錯誤 Type5、預測準確 Type6 航線數的總和，而準確率的計算方式為：(預測準確 Type1+預測準確 Type6)/總航線數。

表 5.3 各組航線航班數預測準確率

組別	預測會開航航線					預測不開航航線			準確率
	預測 準確 Type1	高估 Type2	低估 Type3	預測 錯誤 Type4	總數	預測 錯誤 Type5	預測 準確 Type6	總數	
亞洲 及中 東	553	89	114	162	918	730	2975	3705	76.31%
歐洲	216	20	30	143	409	268	4168	4436	90.49%
非洲 及大 洋洲	28	2	6	7	43	121	805	926	85.96%
美洲	16	0	13	2	31	167	1852	2019	91.12%
總體	813	111	165	314	1401	1286	9800	11086	84.99%

5.3 預測失準原因分析

本節探討導致模式預測結果失準的原因。雖然航線的開航以及航班數除了受到社會經濟變數、航空公司營運管理、機場條件、航線特性等因素影響外，尚受到國家間航權協議以及政治局勢影響，然而由於這部份資料取得不易，在本研究中暫不著墨。

5.3.1 亞洲及中東

亞洲及中東區域航線的航班數預測準確率為所有組別中最低，在其預測會開航的航線中，有 60.24% 的航線航班數預測準確，17.65% 的航線為預測錯誤 Type4，即預測有開航但實際未開航，有 9.69% 的航線航班數被高估，15.58% 的航線航班數被低估；在其預測不會開航的航線中，有 80.30% 的航線預測準確，12.42% 的航線為預測錯誤 Type5，即預測不會開航但實際有開航。亞洲及中東航線航班數預測失準主要原因如下：

高估/預測錯誤 Type4

1. 不合理的航線/極短程內陸航線:由於本研究將香港及澳門視為獨立經濟體，因此剔除國內航線時並未剔除掉香港(HKG)-澳門(MFM)航線，香港與澳門僅距離 23 英里，旅客多使用船舶往返兩地之間，實際上並無定期航班；類似情形的還有香港(HKG)-深圳(SZX)航線，兩地距離 24 英里，主要交通方式亦為船舶；距離 87 英里的廣州白雲(CAN)-澳門(MFM)航線同樣沒有開航，最便捷的交通方式為搭乘地鐵。此外，相距 84 英里的廣州白雲(CAN)-香港(HKG)陸上交通方便，多數旅客選擇搭乘地鐵及巴士，因此一天航班僅有兩班。
2. 多機場因素:即便本研究已考量多機場因素，但仍有部份位在多機場區域的次級機場航線航班數被高估。如東京羽田(HND)-台北(TPE)航線、首爾金浦機場(GMP)飛往杜拜(DXB)、香港(HKG)、泰國素萬那普(BKK)航線。

低估

1. 短程高航班頻率航線：相較於其他洲別的航線，亞洲及中東地區航線航班數低估的情形略多於高估，在低估的 114 條航線中，多數為運量大、使用窄體客機、高航班頻率的短程熱門航線，如台北(TPE)-香港(HKG)航線、馬來西亞吉隆坡(KUL)-新加坡(SIN)航線、印尼雅加達蘇加諾哈達(CGK)-新加坡(SIN)航線、杜拜(DXB)-科威特(KWI)航線。與越洋航線相比，短程熱門航線使用的平均飛機尺寸較小，以達到高乘載率、高航班頻率服務的效果，然而本研究中並未考慮到飛機尺寸與航班數的關聯性，以線性關係處理之距離阻礙的因素無法充分反應長短航線間的差異，因此導致以短程航線為主的亞洲及中東地區航線航班數有明顯低估的情形。

亞洲及中東地區不同航線距離之平均飛機尺寸如表 5.4 所示，其中平均飛機尺寸以平均座位數表示，距離 2000 英里內的短程航線有 899 條，平均飛機大小為 193.13 個座位，此外距離 2000 至 5000 英里的中程航線有 557 條，平均飛機大小為 271.50 個座位，距離 5000 至 7000 英里的航線有 30 條，平均飛機大小為 278.57 個座位，顯示出航線距離越長，航空公司越傾向使用較大的飛機。

5.4 亞洲及中東區域航線不同航線距離之平均飛機大小

航線類型	航線距離	平均飛機大小(單位:平均座位數)	航線數
短程航線	2000 英里內	193.13 個座位	899 條
中程航線	2000 至 5000 英里	271.50 個座位	557 條
長程航線	5000 至 7000 英里	278.57 個座位	30 條
總計			1486 條

2. 宗教因素:沙烏地阿拉伯的麥加省是回教最大的聖城，每年吸引將近三百萬的回教徒前往朝覲，前往麥加的朝覲者大都搭機至沙烏地阿拉伯最大的機場-阿卜杜拉·阿齊茲國王國際機場(JED)後，再搭車到麥加。受宗教文化及地域關係影響，中東地區的回教國家與沙烏地阿拉伯互動密切，造成航班數被低估，被低估的航線如:阿卜杜拉·阿齊茲國王國際機場(JED)與巴林(BAH)、約旦安曼(AMM)、阿曼馬斯喀特國際機場(MCT)連結的航線。
3. 旅遊因素:太平洋、印度洋有幾座世界知名的熱帶度假島嶼，優美的自然環境及特有的島國文化受到各國遊客的喜愛，本研究中雖採用國家旅遊競爭力指標作為變數，但無法反映到更細部的行政區，導致與旅遊勝地連結的航線航班數有低估的情形，如日本成田(NRT)-夏威夷(HNL)、香港(HKG)-印尼峇里島(DPS)、中國北京(PEK)-泰國普吉島(HKT)、馬爾地夫(MLE)-新加坡(SIN)航線。

預測錯誤 Type5

預測不會開航但實際上有開航的大多為中國、東南亞、南亞國家與中東國家的之間的航線，一方面這些區域除了經濟成長迅速外，還有龐大的人口利基；另一方面有賴於所在區域經濟發展及旅遊資源豐富，低成本航空在東南亞發展興盛，並持續開發新市場，例如在預測錯誤 Type5 中有 98 條航線僅有低成本航空營運，然而本研究模型並無法解釋到低成本航空在航線開航與否的影響。預測錯誤 Type5 航線大致可分為三類:印度相關、中國相關與其他航線。

1. 移民/移工: 大約 1/5 的航線起點國家或迄點國家為印度，印度與中東國家有密切的經貿往來，其能源進口高度仰賴中東國家，在印度前十名石油進口國中，有一半來自中東國家(Department of Commerce Of India,2016)。除此之外，

印度在卡達、沙烏地阿拉伯、阿拉伯聯合大公國等中東國家約有 700 萬的移民及移工，提供了大量的運量，是印度與中東國家間航線開航重要的影響因素。

2. 1/4 的航線起點國家或迄點國家為中國，大部份是連結到東南亞、中東國家，如廣州白雲(CAN)飛往伊朗伊瑪目何梅尼國際機場(IKA)、約旦阿麗亞王后國際機場(AMM)，也有部份是連結亞洲旅遊城市的航線，如四川成都(CTU)飛往馬爾地夫(MLE)、菲律賓宿霧(CEB)、日本名古屋中部國際機場(NGO)的航線。
3. 其餘航線多為東南亞國家、南亞國家間的連結，如馬爾地夫(MLE)-斯里蘭卡班達拉奈克國際機場(CMB)、緬甸仰光(RGN)-泰國曼谷廊曼機場(DMK)、尼泊尔特里布萬機場(KTM)-馬來西亞吉隆坡(KUL)之間往返兩地的航線。

5.3.2 歐洲

飛往歐洲之越洋航線的航班數預測準確率為所有組別中次高，在其預測會開航的航線中，有 52.81%的航線航班數預測準確，34.96%的航線為預測錯誤 Type4，即預測有開航但實際未開航，20.98%的航線航班數被低估，13.99%的航線航班數被高估；在其預測不會開航的航線中，有 93.96%的航線預測準確，6.04%的航線為預測錯誤 Type5，即預測不會開航但實際有開航。歐洲航線航班數預測失準主要原因如下：

預測錯誤 Type4

1. 俄羅斯、中東大型樞紐與歐洲非一線機場的連結:相較於亞洲地區，俄羅斯、中東地區與歐洲地區地理位置更為相近，而且大型樞紐機場有基地航空機隊

數、國際旅客運量等開航優勢，所以在預測有開航但實際上未開航的類型中，多以俄羅斯、中東大型樞紐如俄羅斯謝列梅捷沃國際機場(SVO)、杜拜機場(DXB)、土耳其伊斯坦堡阿塔圖爾克機場(IST)，連結歐洲非一線城市機場的航線為主，其中從杜拜機場出發的航線就佔了近 1/4:杜拜(DXB)連結義大利米蘭(BGY)、英國布里斯托(BRS)、波蘭克拉科夫(KRK)、冰島凱夫拉維克(KEF)、德國斯圖加特(STR)等城市的航線。不過，此類航線未來確實都可成為潛力航線。

低估

1. 歷史淵源:30 條航班數被低估的歐洲航線中，由俄羅斯出發的航線就佔了 16 條。俄羅斯大部份的國土雖屬於亞洲，但首都莫斯科卻位在東歐，加上過去東歐與俄羅斯曾組成蘇聯的歷史背景，因此與東歐國家互動密切，此外，俄羅斯國籍航空以謝列梅捷沃國際機場(SVO)為樞紐並在歐洲拓展航線，SVO 成為亞洲許多國家的旅客轉飛東歐或是北歐國家的中轉機場選擇，由於模型忽略大型中轉機場，因而產生低估航班數的情況。被低估的航線如：莫斯科謝列梅捷沃國際機場(SVO)飛往捷克布拉格(PRG)、德國慕尼黑(MUC)、烏克蘭鮑里斯波爾國際機場(KBP)、塞爾維亞貝爾格勒機場(BEG)，莫斯科多莫傑多沃機場(DME)飛往瑞士蘇黎世(ZRH)等航線。
2. 大型樞紐:其餘低估航線大部份是大型樞紐機場與大型樞紐連結的航線，如香港(HKG)、泰國素萬那普(BKK)、新加坡(SIN)與英國倫敦希斯洛機場(LHR)連結的航線，泰國素萬那普(BKK)、上海浦東(PVG)與德國法蘭克福(FRA)連結的航線。由於大型樞紐機場為一個地區的重要轉運中心，將來自中小型機場的旅客中轉至其他大型樞紐機場，本研究忽略了機場為大型樞紐機場的影響，導致模型無法解釋到大型樞紐機場之間的航班數，造成低估的情形。

預測錯誤 Type5

預測不會開航但實際上有開航的歐洲航線中，有部份是土耳其連結歐洲的航線。因地緣之便，2015 年歐洲遊客便占了土耳其的半數遊客以上(Ministry of Culture and Tourism, Republic of Turkey, 2017)，其中以德國、英國最多，然而土耳其非門戶機場連結德、英次要機場的航線多被預測為不會開航，如土耳其安塔利亞機場(AYT)連結之德國杜塞道夫機場(DUS)、漢諾瓦機場(HAJ)、漢堡機場(HAM)的航線；土耳其達拉曼機場(DLM)連結英國布里斯托機場(BRS)、紐卡斯爾機場(NCL)、格拉斯哥機場(GLA)的航線。

5.3.3 美洲

飛往美洲之越洋航線的航班數預測準確率為所有組別中最高，在其預測會開航的航線中，有 51.61%的航線航班數預測準確，6.45%的航線為預測錯誤 Type4，即預測有開航但實際未開航，41.94%的航線航班數被低估，沒有被高估的航線；在其預測不會開航的航線中，有 91.73%的航線預測準確，8.27%的航線為預測錯誤 Type5，即預測不會開航但實際有開航。美洲航線航班數預測失準主要原因如下：

低估

所有組別的航線距離中，以飛往美洲地區的航線最長，平均距離 7994.49 英里，對開航極為不利的距離條件是低估的原因之一，資料中共有 13 條航線航班數被低估，除了兩條航線迄點位於加拿大外，其他航線都是亞洲地區大型樞紐機場連結美國重要的樞紐機場。被低估的航線如香港(HKG)-西雅圖塔科馬國際機場(SEA)、韓國仁川(ICN)-洛杉磯國際機場(LAX)、土耳其伊斯坦堡阿塔圖爾克機場(IST)- 約翰·甘迺迪國際機場(JFK)、香港(HKG)-加拿大多倫多皮爾遜國際機場(YYZ)航線。

5.3.4 非洲及大洋洲

連結非洲及大洋洲之越洋航線的航班數預測準確率為所有組別中次低，在其預測會開航的航線中，有 65.12%的航線航班數預測準確，16.28%的航線為預測錯誤 Type4，即預測有開航但實際未開航，13.95%的航線航班數被低估，4.65%的航線航班數被高估；在其預測不會開航的航線中，有 86.93%的航線預測準確，13.07%的航線為預測錯誤 Type5，即預測不會開航但實際有開航。非洲及大洋洲航線航班數預測失準主要原因如下：

預測錯誤 Type4

1. 預測與非洲地區機場會開航但實際上沒開航的航線有 5 條，皆為中東連結埃及第二與第三繁忙機場-沙姆沙伊赫國際機場(SSH)、洪加達國際機場(HRG)的航線。在沙姆沙伊赫國際機場與洪加達國際機場營運的航空公司多以經營季節性包機為主，目前僅有少量連結歐洲機場的定期航班，中東地區欲前往這兩座機場的旅客多經由開羅機場轉機。
2. 預測與大洋洲地區機場會開航但實際上沒開航的航線有 2 條：新加坡機場(SIN)、中國北京(PEK)連結關島的航線，目前這兩座起點機場的旅客要去關島僅能透過菲律賓馬尼拉(MNL)、韓國仁川(ICN)、日本成田機場(ICN)轉機。

低估

6 條低估航線中，3 條是飛往非洲的航線，3 條是飛往大洋洲的航線，其中飛往非洲的航線起點皆位在中東地區，飛往大洋洲的航線起點全數位在亞洲地區。

1. 旅遊因素/語言文化因素：埃及除了與中東國家同樣使用阿拉伯語之外，也將伊斯蘭教視為國教，除此之外也因古文明成為旅遊勝地，而且與中東國家距離

相近，因此與中東國家互動特別密切，造成模式低估。航班數被低估的航線有：阿拉伯聯合大公國阿布達比機場(AUH)、沙烏地阿拉伯的阿卜杜拉·阿齊茲國王國際機場(JED)與哈立德國王國際機場(RUH)，連結至埃及開羅國際機場(CAI)的航線。

2. 大型樞紐/旅遊因素：位在大洋洲的紐西蘭和澳洲因富麗的自然美景，一直是世界各地旅人喜愛的旅遊勝地，除此之外也因高薪資水準、高生活水平吸引許多人前往打工度假或是移民定居。除了亞洲本地機場出發的航線外，由歐洲飛往大洋洲的航線基本上也都需要在亞洲的大型樞紐機場進行中轉，因此造成亞洲樞紐機場連結大洋洲航線航班數被低估的情形，如：新加坡(SIN)-澳洲墨爾本(MEL)、香港(HKG)-澳洲雪梨(SYD)航線。

大洋洲還有一座小島-關島，以獨特的島嶼風情聞名，但因關島隸屬美國，採用美國的國家旅遊競爭力指標無法真正反映該島的旅遊競爭力。每年到訪關島的遊客超過 100 萬人，其中日本遊客占了 75%，被低估的航線皆從日本出發，如：東京成田(NRT)連結關島(GUM)的航線。

5.4 桃園機場潛力航線

本研究將預測結果分為六種情形，其中高估 Type2(預測會開航但實際航班數低於預測區間)、預測錯誤 Type4(預測會開航但實際上未開航)分別意味著現有航線有潛力增加航班，以及航線有開航的機會。本節對我國桃園機場潛在開航及潛在增班的航線進行分析與討論。

5.4.1 桃園機場潛力航線預測結果

桃園機場具有開航潛力的 11 條航線皆坐落在亞洲及中東地區(表 5.5)，除了印度孟買國際機場(BOM)、俄羅斯謝列梅捷沃國際機場(SVO)、卡達哈馬德國際機場(DOH)是國際旅客年運量超過一千萬的大型樞紐機場外，其他機場均是中小型機場，顯示在航程遠的情形下，大型樞紐機場由於具有集散旅客至其他目的地的功能，較有機會開航；中小型機場在航程短的情況下，若具備一定的旅客需求，可闢駛點對點航線。

開航機率最高的上海虹橋國際機場(SHA)與韓國金浦國際機場(GMP)為多機場區域的次級機場，兩座機場的定位相近，以經營國內航班與少數國際短程航線為主，其國際航點通常同樣為多機場區域次級機場，如東京羽田機場(HND)、台北松山機場(TSA)，而桃園機場已與其多機場區域主要機場上海浦東機場(PVG)、韓國仁川機場(ICN)開航，因此現階段桃機與這兩座機場沒有通航。

表 5.5 桃園機場潛在航線

地區	國家	機場代碼	機場	開航機率	備註
中國	中國	SHA	上海虹橋國際機場	0.86586	已有直飛 PVG 航線
東北亞	韓國	GMP	金浦國際機場	0.72443	已有直飛 ICN 航線
南亞	印度	BOM	孟買國際機場	0.61904	
		MAA	清奈國際機場	0.62674	
	印尼	KNO	瓜拉納穆國際機場	0.61842	
	泰國	HKT	普吉國際機場	0.66795	已於 2013 年取消
		KBV	喀比機場	0.60078	
	越南	DAD	峴港國際機場	0.70956	已開航
	菲律賓	CRK	克拉克國際機場	0.63546	預計 2018 年 7 月開航
中東	卡達	DOH	哈馬德國際機場	0.64577	
北亞	俄羅斯	SVO		0.69043	

5.4.2 桃園機場潛力增班航線預測結果

桃園機場可增加航班之現有航線(表 5.6)有兩條-日本東京羽田機場(HND)及中國天津濱海國際機場(TSN)，前者年航班數預測值為 2325 班，後者年航班數預測值為 1070 班，比起航班數實際值高出許多，一方面表示航班數可能有成長的空間，一方面這兩座機場都鄰近都會區內的大型樞紐機場(東京成田機場、北京首都機場)，機場政策以營運國內航線，將國內旅客中轉至大型樞紐機場為主，因此聯外的航班數成長受到限制。

表 5.6 桃園機場可增加航班之現有航線

地區	國家	機場代碼	機場	備註
東北亞	日本	HND	東京羽田機場	2016 年航班數 325 班，模式預測可增加至 2325 班。 目前 TPE-HND 每週 10 班(夏季班表)
中國	中國	TSN	天津濱海國際機場	2016 年航班數 103 班，模式預測可增加至 1070 班。 目前 TPE-TSN 每週 8 班(夏季班表)

5.5 小結

本研究將預測結果分成預測準確 Type1 (預測會開航且實際航班數落在預測區間)、高估 Type2(預測會開航但實際航班數低於預測區間)、低估 Type3(預測會開航但實際航班數高於預測區間)、預測錯誤 Type4 (預測會開航但實際上未開航)、預測錯誤 Type5(預測不會開航但實際上有開航)、預測準確 Type6(預測不會開航且實際上未開航)六個組別，接著依序針對各洲別預測不準確的原因進行討論，解釋模型無法捕捉到的航線特性。之所以發生高估 Type2、預測錯誤 Type4 的主

因為:不合理/過短的航線、多機場因素；而發生低估 Type3、預測錯誤 Type5 的主因為:短程高頻率航線、宗教因素、旅遊名勝、地緣文化、大型樞紐機場。航線若未來將模式應用於特定區域，可將上述影響因素納入考量。

第六章 結論與建議

本研究探討直飛航班數的影響因素，研究範圍為以國際機場協會(ACI)2016年國際客運量前 200 名的亞洲及中東機場為起點，及以國際客運量前 200 名的機場與 200 至 400 名的亞洲機場為迄點所連結而成的 12487 條國際航線，其中包含大量未開航(年航班數為 0)的航線。資料中存在過多的零值，而且有過度離散的情形，經過文獻回顧後，本研究選擇零膨脹負二項迴歸模型作為研究方法，零膨脹負二項迴歸模型由 logit 模型及負二項迴歸模型組成，logit 模型解釋影響航線開航與否的原因，而負二項迴歸模型則解釋影響航班數的原因。

由於開航與否及航班數的影響因素不完全相同，因此本研究分別在 logit 模型及負二項迴歸模型中選取合適的變數。結果顯示「起迄國家使用相同語言/有殖民關係」、「起點機場國際運量」、「迄點機場國際運量」、「起迄機場國家綜合競爭力乘積」、「航線距離」、「起點機場基地航空公司機隊數」、「區域航線之迄點國家是否提供免簽待遇」、「位在多機場區域的起點機場之鄰近機場數」、「起點機場是否為多機場區域主要機場」、「位在多機場區域的迄點機場之鄰近機場數」、「迄點機場是否為多機場區域主要機場」顯著影響航線是否開航以及直飛航班數，除此之外，「航線上樞紐機場個數」、「航線上是否有 LCC 營運」、「航線上共掛航班數占比」也顯著影響直飛航班數。

將模型結果應用在航班數的預測，整體模型的準確率高達 84.99%，探究模型預測不準確的原因，造成高估 Type2、預測錯誤 Type4(預測會開航但實際上未開航)的主因為：未排除不合理/過短的航線、多機場區域的次要機場處於開航劣勢或主要經營國內航線；而發生低估 Type3、預測錯誤 Type5(預測不會開航但實際上有開航)的主因為：短程熱門航線以小飛機提供高航班頻率的服務、同為伊斯蘭教信仰的國家有較高的互動、迄點國家的觀光業蓬勃發展、軸輻網路對於大型樞

紐機場間的連結有開航優勢。做為後續航空公司與機場闢駛航線或增加航班的參考，航空公司與機場可依目的地的特性加入不同的變數，比如對大型樞紐機場設定虛擬變數，以制定出因地制宜的航線發展策略。

本研究以零膨脹負二項模型處理年航班數資料，模式預測結果中各組別低估 Type3 及預測錯誤 Type5(預測不會開航但實際上有開航)的航線數明顯高於高估 Type2、預測錯誤 Type4(預測會開航但實際上未開航)，表示整體模式較無法對航班數高的航線進行準確預測，除了因忽略到某些重要變數造成預測結果偏頗外，也有可能與所選用的研究方法有關。零膨脹負二項迴歸模型在過去主要應用在公共衛生領域，如分析民眾看病次數，或是應用在交通運輸領域，如分析事故發生次數等，資料會比較集中在低次數，然而本研究將其應用在探討年航班數的影響因素，年航班數的範圍依航線熱門程度從一年 52 班乃至一年一萬多班都有，可能因資料變異過大導致零膨脹負二項模型在估計熱門航線的航班數時，出現大量低估的情形，因此建議後續研究可以嘗試採 logit 模型結合線性模型的混合模型處理資料變異大的樣本。

參考文獻

1. 汪進財, & 陳威勳. (民 105). 機場航空網路直接連結動因探究.
2. Halpern, N., & Graham, A. (2016). Factors affecting airport route development activity and performance. *Journal of Air Transport Management*, 56, 69-78.
3. Lohmann, G., Albers, S., Koch, B., & Pavlovich, K. (2009). From hub to tourist destination - An explorative study of Singapore and Dubai's aviation-based transformation. *Journal of Air Transport Management*, 15(5), 205-211.
4. Pearce, D.G. (2001). Towards a regional analysis of tourism in Southeast Asia. In: Teo, P., Chang, T.C., Ho, K.C. (Eds.), *Interconnected Worlds: Tourism in Southeast Asia*. Pergamon, Oxford.
5. Zhang, Y., & Findlay, C. (2014). Air transport policy and its impacts on passenger traffic and tourist flows. *Journal of Air Transport Management*, 34, 42-48.
6. Tsui, W.H.K., & Fung, M.K.Y. (2016). Analysing passenger network changes: The case of Hong Kong, *Journal of Air Transport Management*, 50, 1-11.
7. de Wit, J., Veldhuis, J., Burghouwt, G., & Matsumoto, H. (2009). Competitive position of primary airports in the Asia-Pacific rim. *Journal of Air Transport Management*, 14(5), 639-650.
8. Grosche, T., Rothlauf, F., & Heinzl, A. (2007). Gravity models for airline passenger volume estimation. *Journal of Air Transport Management*, 13(4), 175-183.
9. Chang, L.Y. (2012). International air passenger flows between pairs of APEC countries: A non-parametric regression tree approach. *Journal of Air Transport Management*, 20, 4-6.
10. Wei, W., & Hansen, M. (2006). An aggregate demand model for air passenger traffic in the hub-and-spoke network. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 40(10), 841-851.

11. Zhang, Y., Peng, T., Fu, C., & Cheng, S. (2016). Simulation analysis of factors affecting air route connection in China. *Journal of Air Transport Management*, 50, 12-20.
12. Hazledine, T. (2014). Searching for the sweet spot: The determinants of direct services from Canadian airports. *Journal of Air Transport Management*, 41, 50-55.
13. Hazledine, T. (2009). Border effects for domestic and international Canadian passenger air travel. *Journal of Air Transport Management*, 15(1), 7-13.
14. Wang, K., Gong, Q., Fu, X., & Fan, X. (2014). Frequency and aircraft size dynamics in a concentrated growth market: The case of the Chinese domestic market. *Journal of Air Transport Management*, 36, 50-58.
15. Li, W.K., Miyoshi, C., & Pagliari, R. (2012). Dual-hub network connectivity: An analysis of all Nippon Airways' use of Tokyo's Haneda and Narita airports, *Journal of Air Transport Management*, 23, 12-16.
16. Reynolds-Feighan, A. (2001). Traffic distribution in low-cost and full-service carrier networks in the US air transportation market. *Journal of Air Transport Management*, 7(5), 265-275.
17. Dennis, N.P.S. (2002). Long-term route traffic forecasts and flight schedule pattern for a medium-sized European airport. *Journal of Air Transport Management*, 8(5), 313-324.
18. Pai, V. (2010). On the factors that affect airline flight frequency and aircraft size. *Journal of Air Transport Management*, 16(4), 169-177.
19. Takebayashi, M. (2011). Evaluation of Asian airports as gateways: application of network equilibrium model. *Pacific Economic Review*, 16(1), 64-82.
20. Zhang, Q., Yang, H., & Wang, Q. (2017). Impact of high-speed rail on China's Big Three airlines. *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 98, 77-85.

21. Alderighi, M., & Gaggero, A.A. (2014). The effects of global alliances on international flight frequencies: Some evidence from Italy. *Journal of Air Transport Management*, 39, 30-33.
22. Babić, D., Kuljanin, J., & Kalić, M. (2014). Market Share Modeling in Airline Industry: An Emerging Market Economies Application. *Transportation Research Procedia*, 3, 384-392.
23. Loo, B.P.Y. (2008). Passengers' airport choice within multi-airport regions (MARs): some insights from a stated preference survey at Hong Kong International Airport. *Journal of Transport Geography*, 16(2), 117-125.
24. Loo, B.P.Y., Ho, H.W., & Wong, S.C. (2005). An application of the continuous equilibrium modelling approach in understanding the geography of air passenger flows in a multi-airport region. *Applied Geography*, 25(2), 169-199.
25. Pearson, J., O'Connell, J.F., Pitfield, D., & Ryley, T. (2015). The strategic capability of Asian network airlines to compete with low-cost carriers. *Journal of Air Transport Management*, 47, 1-10.
26. Lohmann, G., & Vianna, C. (2016). Air route suspension: The role of stakeholder engagement and aviation and non-aviation factors. *Journal of Air Transport Management*, 53, 199-210.
27. Neumayer, E. (2010). Visa Restrictions and Bilateral Travel. *The Professional Geographer*, 62(2), 171-181.
28. Hsu, C.I., & Wen, Y.H. (2003). Determining Flight Frequencies on an Airline Network with Demand - Supply Interactions. *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39(6), 417-441.
29. Wang, M., & Song, H. (2010). Air Travel Demand Studies: A Review. *Journal of China Tourism Research*, 6(1), 29-49.

30. Hsu, C.J., Yen, J.R., Chang, Y.C., & Woon, H.K. (2016). How do the services of low cost carriers affect passengers' behavioral intentions to revisit a destination? *Journal of Air Transport Management*, 52, 111-116.
31. Jung, S.Y., & Yoo, K.E. (2014). Passenger airline choice behavior for domestic short-haul travel in South Korea. *Journal of Air Transport Management*, 38, 43-47.
32. Desjardins, C.D. (2013). Evaluating the performance of two competing models of school suspension under simulation - the zero-inflated negative binomial and the negative binomial hurdle. PhD Thesis, University of Minnesota, USA.
33. Burger, M., van Oort, F., & Linders, G.J. (2009). On the Specification of the Gravity Model of Trade: Zeros, Excess Zeros and Zero-inflated Estimation. *Spatial Economic Analysis*, 4(2), 167-190.
34. O'Kelly, M.E., & Miller, H.J. (1994). The hub network design problem: A review and synthesis. *Journal of Transport Geography*, 2(1), 31-40.
35. Lambert, D. (1992). Zero-inflated Poisson regression, with an application to defects in manufacturing. *Technometrics*, 34 (1), 1-14.
36. Greene, W.H. (1994). *Accounting for excess zeros and sample selection in Poisson and negative binomial regression models*. Working Paper EC-94-10, Stern School of Business, New York University, New York.
37. Mullahy, J. (1986). Specification and testing of some modified count data models. *Journal of Econometrics*, 3, 341-365.

附錄

附錄表 1 全球國際運量 TOP200 列表

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
1	DXB	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	杜拜	69,954,392
2	LHR	歐洲	西歐	英國	倫敦	68,091,095
3	HKG	亞洲	東北亞	香港	香港	62,901,024
4	CDG	歐洲	西歐	法國	巴黎	58,627,080
5	AMS	歐洲	西歐	荷蘭	阿姆斯特丹	54,940,534
6	SIN	亞洲	東南亞	新加坡	新加坡	53,289,000
7	FRA	歐洲	中歐	德國	法蘭克福	52,713,013
8	ICN	亞洲	東北亞	韓國	首爾	44,906,813
9	IST	亞洲	中東	土耳其	伊斯坦堡	38,152,871
10	BKK	亞洲	東南亞	泰國	曼谷	37,183,099
11	TPE	亞洲	東北亞	台灣	台北	35,402,285
12	LGW	歐洲	西歐	英國	倫敦	34,461,071
13	KUL	亞洲	東南亞	馬來西亞	吉隆坡	34,437,677
14	MUC	歐洲	中歐	德國	慕尼黑	30,247,738
15	MAD	歐洲	南歐	西班牙	馬德里	29,618,803
16	NRT	亞洲	東北亞	日本	東京	29,591,636
17	JFK	美洲	北美東	美國	紐約	28,248,253
18	BCN	歐洲	南歐	西班牙	巴塞隆納	27,246,041
19	FCO	歐洲	南歐	義大利	羅馬	26,840,909
20	DOH	亞洲	中東	卡達	杜哈	26,356,392
21	ZRH	歐洲	中歐	瑞士	蘇黎世	24,836,387
22	CPH	歐洲	北歐	丹麥	哥本哈根	23,610,452
23	YYZ	美洲	北美東	加拿大	多倫多	23,380,290
24	AYT	亞洲	中東	土耳其	安塔利亞	22,072,307
25	VIE	歐洲	中歐	奧地利	維亞納	21,831,400
26	BRU	歐洲	西歐	比利時	布魯塞爾	21,718,462
27	DUB	歐洲	西歐	愛爾蘭	都柏林	21,636,533
28	MIA	美洲	北美東	美國	邁阿密	20,096,541
29	PVG	亞洲	中國	中國	上海	19,828,628
30	MAN	歐洲	西歐	英國	曼徹斯特	19,491,717
31	AUH	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	阿布達比	19,253,265
32	LAX	美洲	北美西	美國	洛杉磯	19,106,496

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
33	STN	歐洲	西歐	英國	倫敦	18,784,808
34	SVO	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	18,475,424
35	PMI	歐洲	南歐	西班牙	帕爾馬	18,018,238
36	ORY	歐洲	西歐	法國	巴黎	17,927,068
37	JED	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	吉達	17,765,017
38	DME	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	17,741,633
39	DUS	歐洲	中歐	德國	杜塞道夫	17,394,023
40	ARN	歐洲	北歐	瑞典	斯德哥爾摩	17,359,353
41	LIS	歐洲	南歐	葡萄牙	里斯本	16,081,222
42	MNL	亞洲	東南亞	菲律賓	馬尼拉	16,071,616
43	MPX	歐洲	南歐	義大利	米蘭	15,800,134
44	GVA	歐洲	中歐	瑞士	日內瓦	14,539,435
45	PEK	亞洲	中國	中國	北京	14,424,121
46	TLV	亞洲	中東	以色列	特拉維夫	14,266,737
47	GRU	美洲	南美	巴西	聖保羅	13,582,174
48	HEL	歐洲	北歐	芬蘭	赫爾辛基	13,438,321
49	OSL	歐洲	北歐	挪威	奧斯陸	13,223,314
50	SYD	大洋洲	大洋洲	澳洲	雪梨	13,145,275
51	DEL	亞洲	印度	印度	新德里	13,136,791
52	KIX	亞洲	東北亞	日本	大阪	13,049,564
*53	TAO	亞洲	中國	中國	青島	12,976,020
54	TXL	歐洲	中歐	德國	柏林	12,967,834
55	CGK	亞洲	印尼	印尼	雅加達	12,618,036
56	CUN	美洲	中美	墨西哥	坎昆	11,987,242
57	EWR	美洲	北美東	美國	紐華克	11,848,080
58	CAI	非洲	非洲	埃及	開羅	11,803,350
59	AGP	歐洲	南歐	西班牙	馬拉加	11,729,047
*60	SHE	亞洲	中國	中國	瀋陽	11,629,843
61	MEX	美洲	中美	墨西哥	墨西哥市	11,499,031
62	PRG	歐洲	中歐	捷克	布拉格	11,105,531
63	BOM	亞洲	印度	印度	孟買	10,899,921
64	ATL	美洲	北美東	美國	亞特蘭大	10,784,219
65	ORD	美洲	北美中	美國	芝加哥	10,749,937
66	HND	亞洲	東北亞	日本	東京	10,523,825
67	KWI	亞洲	中東	科威特	科威特	10,275,804
68	SFO	美洲	北美西	美國	羅德岱堡	10,269,701

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
69	ATH	歐洲	南歐	希臘	雅典	9,879,213
70	IAH	美洲	北美中	美國	休士頓	9,800,971
71	RUH	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	利雅德	9,774,396
72	JNB	非洲	非洲	南非	約翰尼斯堡	9,559,981
73	LTN	歐洲	西歐	英國	倫敦	9,547,299
74	SHJ	亞洲	中東	阿拉伯聯合大公國	沙迦	9,489,399
75	HAM	歐洲	中歐	德國	漢堡	9,451,536
76	WAW	歐洲	中歐	波蘭	華沙	9,365,122
77	YVR	美洲	北美西	加拿大	溫哥華	9,269,992
78	SGN	亞洲	東南亞	越南	胡志明市	9,130,438
79	YUL	美洲	北美東	加拿大	蒙特婁	9,113,740
80	CAN	亞洲	中國	中國	廣州	9,108,438
81	BUD	歐洲	中歐	匈牙利	布達佩斯	9,053,408
82	ALC	歐洲	南歐	西班牙	阿利坎特	8,895,548
83	SAW	亞洲	中東	土耳其	伊斯坦堡	8,471,867
84	TFS	歐洲	南歐	西班牙	特內里費島	8,424,851
85	BHX	歐洲	西歐	英國	伯明罕	8,391,158
86	BOG	美洲	南美	哥倫比亞	波哥大	8,354,587
87	DPS	亞洲	印尼	印尼	峇里島	8,291,077
88	EZE	美洲	南美	阿根廷	布宜諾斯艾利斯	8,062,649
89	MEL	大洋洲	大洋洲	澳洲	墨爾本	8,053,159
90	BAH	亞洲	中東	巴林	巴林	7,946,851
91	MCT	亞洲	中東	阿曼	馬斯喀特	7,844,959
92	AKL	大洋洲	大洋洲	紐西蘭	奧克蘭	7,841,438
93	OTP	歐洲	東歐	羅馬尼亞	布加勒斯特	7,798,141
94	CMB	亞洲	東南亞	斯里蘭卡	可倫坡	7,741,477
95	NCE	歐洲	西歐	法國	尼斯	7,354,504
96	SCL	美洲	南美	智利	聖地牙哥	7,344,766
97	SXF	歐洲	中歐	德國	柏林	7,266,967
98	LIM	美洲	南美	秘魯	利馬	7,169,126
99	DFW	美洲	北美中	美國	達拉斯	7,165,835
100	CMN	非洲	非洲	摩洛哥	卡薩布蘭卡	7,163,059
101	LED	亞洲	北亞	俄羅斯	聖彼得堡	7,107,021
102	VCE	歐洲	南歐	義大利	威尼斯	7,099,596
103	IAD	美洲	北美東	美國	華盛頓	7,099,186
104	AMM	亞洲	中東	約旦	安曼	7,028,602

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
105	STR	歐洲	中歐	德國	斯圖加特	6,746,814
106	HRG	非洲	非洲	埃及	洪加達	6,692,896
107	BEY	亞洲	中東	黎巴嫩	貝魯特	6,555,610
108	CRL	歐洲	西歐	比利時	沙勒羅瓦	6,424,163
109	HKT	亞洲	東南亞	泰國	普吉島	6,421,928
110	CGN	歐洲	中歐	德國	科隆	6,413,730
111	LPA	歐洲	南歐	西班牙	大加那利島	6,413,407
112	KBP	歐洲	東歐	烏克蘭	基輔	6,340,547
113	BSL	歐洲	中歐	瑞士	巴塞爾	6,197,791
114	VKO	亞洲	北亞	俄羅斯	莫斯科	6,118,535
115	ADD	非洲	非洲	衣索匹亞	阿迪斯阿貝巴	6,085,430
116	IKA	亞洲	中東	伊朗	德黑蘭	6,047,735
117	BGY	歐洲	南歐	義大利	米蘭	5,995,587
118	DMK	亞洲	東南亞	泰國	曼谷	5,976,796
119	OPO	歐洲	南歐	葡萄牙	波多	5,943,396
120	FAO	歐洲	南歐	葡萄牙	法魯	5,780,315
121	PUJ	美洲	中美	多明尼加	蓬塔卡納	5,554,617
122	HAN	亞洲	東南亞	越南	河內	5,516,894
123	MFM	亞洲	東北亞	澳門	澳門	5,481,441
124	SSH	非洲	非洲	埃及	沙姆沙伊赫	5,434,732
125	LYS	歐洲	西歐	法國	里昂	5,419,005
126	EDI	歐洲	西歐	英國	愛丁堡	5,348,040
127	HER	歐洲	南歐	希臘	伊拉克利翁	5,241,272
128	LCA	歐洲	南歐	賽普勒斯	拉納卡	5,236,538
129	BRS	歐洲	西歐	英國	布里斯托	5,185,853
130	HNL	美洲	北美西	美國	檀香山	5,128,478
131	BOS	美洲	北美東	美國	波士頓	4,992,225
132	BNE	大洋洲	大洋洲	澳洲	布里斯本	4,941,357
133	TUN	非洲	非洲	突尼西亞	突尼西亞市	4,868,639
134	PUS	亞洲	東北亞	韓國	釜山	4,865,634
135	BLQ	歐洲	南歐	義大利	波隆那	4,801,015
136	RIX	歐洲	東歐	拉脫維亞	里加	4,783,547
137	ALG	非洲	非洲	阿爾及利亞	阿爾及爾	4,727,667
138	MRS	歐洲	西歐	法國	馬賽	4,718,149
139	FLL	美洲	北美東	美國	羅德岱堡	4,659,756
140	BEG	歐洲	南歐	塞爾維亞	貝爾格勒	4,638,493

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
141	MAA	亞洲	印度	印度	清奈	4,561,335
142	PHL	美洲	北美東	美國	費城	4,537,605
143	YYC	美洲	北美西	加拿大	卡加利亞	4,516,102
144	NGO	亞洲	東北亞	日本	名古屋	4,485,090
145	DMM	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	達曼	4,441,703
146	MCO	美洲	北美東	美國	奧蘭多	4,324,349
147	MLA	歐洲	南歐	馬爾他	馬爾他	4,303,975
148	PER	大洋洲	大洋洲	澳洲	伯斯	4,203,321
149	HAJ	歐洲	中歐	德國	漢諾威	4,202,334
150	KHH	亞洲	東北亞	台灣	高雄	4,197,743
151	ACE	歐洲	南歐	西班牙	藍薩羅特島	4,186,669
152	PTY	美洲	中美	巴拿馬	巴拿馬市	4,167,140
153	EMA	歐洲	西歐	英國	東密德蘭	4,098,770
154	GMP	亞洲	東北亞	韓國	首爾	4,083,276
155	GIG	美洲	南美	巴西	里約熱內盧	4,050,191
156	CIA	歐洲	南歐	義大利	羅馬	3,999,371
157	NBO	非洲	非洲	肯亞	奈洛比	3,991,981
158	GLA	歐洲	西歐	英國	格拉斯哥	3,950,446
159	BVA	歐洲	西歐	法國	博韋	3,943,911
160	EIN	歐洲	西歐	荷蘭	恩荷芬	3,926,395
161	RHO	歐洲	南歐	希臘	羅德島	3,880,970
162	KEF	歐洲	北歐	冰島	雷克雅維克	3,857,406
163	LIN	歐洲	南歐	義大利	米蘭	3,854,576
164	GOT	歐洲	北歐	瑞典	哥德堡	3,844,983
165	IBZ	歐洲	南歐	西班牙	伊維薩島	3,844,501
166	SEA	美洲	北美西	美國	西雅圖	3,822,548
167	RAK	非洲	非洲	摩洛哥	馬拉喀什	3,817,626
168	FUE	歐洲	南歐	西班牙	富埃特文圖拉島	3,754,391
169	MED	亞洲	中東	沙烏地阿拉伯	麥地那	3,700,711
170	SOF	歐洲	東歐	保加利亞	索菲亞	3,650,259
171	COK	亞洲	印度	印度	柯枝	3,619,050
172	KTM	亞洲	東南亞	尼泊爾	加德滿都	3,586,967
173	MBJ	美洲	中美	牙買加	蒙特哥貝	3,556,618
174	KRK	歐洲	中歐	波蘭	克拉科夫	3,470,802
175	FUK	亞洲	東北亞	日本	福岡	3,454,277
176	LAS	美洲	北美西	美國	拉斯維加斯	3,444,252

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
177	NAP	歐洲	南歐	義大利	拿坡里	3,407,681
178	NCL	歐洲	西歐	英國	新堡	3,368,268
179	LOS	非洲	非洲	奈及利亞	拉哥斯	3,361,767
180	PSA	歐洲	南歐	義大利	比薩	3,303,137
181	DLM	亞洲	中東	土耳其	穆拉	3,297,084
182	SDQ	美洲	中美	多明尼加	聖多明哥	3,297,000
183	VLC	歐洲	南歐	西班牙	瓦倫西亞	3,221,565
184	KHI	亞洲	東南亞	巴基斯坦	喀拉蚩	3,209,829
185	LPL	歐洲	西歐	英國	利物浦	3,191,362
186	SKG	歐洲	南歐	希臘	塞薩洛尼基	3,178,892
187	TLS	歐洲	西歐	法國	土魯斯	3,151,888
188	CTU	亞洲	中國	中國	成都	3,105,349
189	MLE	亞洲	東南亞	馬爾地夫	瑪律	2,997,975
190	LHE	亞洲	東南亞	巴基斯坦	拉合爾	2,968,498
191	VNO	歐洲	東歐	立陶宛	維爾紐斯	2,939,428
192	DTW	美洲	北美中	美國	底特律	2,926,275
193	CLT	美洲	北美東	美國	夏洛特	2,918,681
194	RGN	亞洲	東南亞	緬甸	仰光	2,915,668
195	GDL	美洲	中美	墨西哥	瓜達拉哈拉	2,880,455
196	LBA	歐洲	西歐	英國	里茲	2,878,439
197	LCY	歐洲	西歐	英國	倫敦	2,873,254
198	BLR	亞洲	印度	印度	邦加羅爾	2,825,668
199	GDN	歐洲	中歐	波蘭	格但斯克	2,824,113
200	GUM	大洋洲	大洋洲	美國	關島	2,767,184

資料來源：本研究整理、ACI 2014 WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT

*53、*60 ACI 報告書中將總運量誤植為國際運量，故不計入本研究之出發機場範圍。

附錄表 2 亞太全球國際運量 TOP201-400 列表

排名	機場代碼	洲別	地區	國家	城市	國際旅次運量
207	PEN	亞洲	東南亞	馬來西亞	檳城	2,571,227
219	XMN	亞洲	中國	中國	廈門	2,368,709
224	CJU	亞洲	東北亞	韓國	濟州	2,257,517
251	NKG	亞洲	中國	中國	南京	1,880,984
252	KMG	亞洲	中國	中國	昆明	1,866,569
265	KNO	亞洲	東南亞	印尼	棉蘭	1,758,174
266	SUB	亞洲	東南亞	印尼	泗水	1,755,331
271	CEB	亞洲	東南亞	菲律賓	宿霧	1,679,740
272	CKG	亞洲	中國	中國	重慶	1,675,518
279	BKI	亞洲	東南亞	馬來西亞	亞庇	1,631,565
280	OKA	亞洲	東北亞	日本	那霸	1,627,688
286	HGH	亞洲	中國	中國	杭州	1,571,912
289	CTS	亞洲	東北亞	日本	札幌	1,542,860
304	CNX	亞洲	東南亞	泰國	清邁	1,321,118
306	WUH	亞洲	中國	中國	武漢	1,313,282
311	SHA	亞洲	中國	中國	上海	1,242,100
312	SZX	亞洲	中國	中國	深圳	1,241,583
326	TSN	亞洲	中國	中國	天津	1,118,687
338	XIY	亞洲	中國	中國	西安	1,032,128
339	KBV	亞洲	東南亞	泰國	喀比	1,029,904
352	DAD	亞洲	東南亞	越南	峴港	888,248
359	KLO	亞洲	東南亞	菲律賓	卡利博	830,477
363	CRK	亞洲	東南亞	菲律賓	馬尼拉	786,809
386	BDO	亞洲	東南亞	印尼	萬隆	696,180

資料來源：本研究整理、ACI 2014 WORLD AIRPORT TRAFFIC REPORT

附錄表 3 全球競爭力旅遊與國家旅遊競爭力指數

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
1	西班牙	5.31	瑞士	5.8
2	法國	5.24	新加坡	5.7
3	德國	5.22	美國	5.6
4	美國	5.12	德國	5.5
5	英國	5.12	荷蘭	5.5
6	瑞士	4.99	日本	5.5
7	奧地利	4.98	香港	5.5
8	意大利	4.98	芬蘭	5.5
9	日本	4.94	瑞典	5.4
10	加拿大	4.92	英國	5.4
11	新加坡	4.86	挪威	5.4
12	奧地利	4.82	丹麥	5.3
13	香港	4.68	加拿大	5.3
14	荷蘭	4.67	卡塔爾	5.3
15	葡萄牙	4.64	台灣	5.3
16	新西蘭	4.64	新西蘭	5.3
17	中國	4.54	阿拉伯聯合大公國	5.2
18	冰島	4.54	馬來西亞	5.2
19	愛爾蘭	4.53	比利時	5.2
20	挪威	4.52	盧森堡	5.2
21	比利時	4.51	澳大利亞	5.1
22	芬蘭	4.47	法國	5.1
23	瑞典	4.45	奧地利	5.1
24	阿拉伯聯合大公國	4.43	愛爾蘭	5.1
25	馬來西亞	4.41	沙烏地阿拉伯	5.1
26	盧森堡	4.38	韓國	5
27	丹麥	4.38	以色列	5
28	巴西	4.37	中國	4.9
29	韓國	4.37	冰島	4.8
30	墨西哥	4.36	愛沙尼亞	4.7
31	希臘	4.36	捷克共和國	4.7
32	台灣	4.35	泰國	4.6
33	克羅地亞	4.3	西班牙	4.6
34	巴拿馬	4.28	科威特	4.6
35	泰國	4.26	智利	4.6
36	塞浦勒斯	4.25	立陶宛	4.5
37	捷克	4.22	印度尼西亞	4.5
38	愛沙尼亞	4.22	葡萄牙	4.5

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
39	斯洛文尼亞	4.17	巴林	4.5
40	馬耳他	4.16	亞塞拜然	4.5
41	匈牙利	4.14	波蘭	4.5
42	哥斯達黎加	4.1	哈薩克斯坦	4.5
43	卡塔爾	4.09	意大利	4.5
44	土耳其	4.08	拉脫維亞	4.5
45	俄羅斯	4.08	俄羅斯	4.4
46	巴巴多斯	4.08	模里西斯	4.4
47	波蘭	4.08	菲律賓	4.4
48	南非	4.08	馬爾它	4.4
49	保加利亞	4.05	南非	4.4
50	印度尼西亞	4.04	巴拿馬	4.4
51	智利	4.04	土耳其	4.4
52	印度	4.02	哥斯達黎加	4.3
53	拉脫維亞	4.01	羅馬尼亞	4.3
54	塞席爾	4	保加利亞	4.3
55	波多黎各	3.91	印度	4.3
56	模里西斯	3.9	越南	4.3
57	阿根廷	3.9	墨西哥	4.3
58	秘魯	3.88	盧安達	4.3
59	立陶宛	3.88	斯洛維尼亞	4.3
60	巴林	3.85	馬其頓	4.3
61	斯洛伐克	3.84	哥倫比亞	4.3
62	摩洛哥	3.81	阿曼	4.2
63	斯里蘭卡	3.8	匈牙利	4.2
64	沙特阿拉伯	3.8	約旦	4.2
65	阿曼	3.79	塞浦勒斯	4.2
66	羅馬尼亞	3.78	喬治亞	4.2
67	黑山	3.75	斯洛伐克共和國	4.2
68	哥倫比亞	3.73	斯里蘭卡	4.2
69	特立尼達和多巴哥	3.71	秘魯	4.2
70	納米比亞	3.69	蒙特內哥羅	4.2
71	喬治亞	3.68	波札瓦	4.2
72	以色列	3.66	摩洛哥	4.2
73	烏拉圭	3.65	烏拉圭	4.1
74	菲律賓	3.63	伊朗	4.1
75	越南	3.6	巴西	4.1
76	牙買加	3.59	厄瓜多	4.1
77	約旦	3.59	克羅地亞	4.1

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
78	肯尼亞	3.58	瓜地馬拉	4.1
79	突尼西亞	3.54	烏克蘭	4
80	危地馬拉	3.51	塔吉克斯坦	4
81	多明尼加	3.5	希臘	4
82	馬其頓	3.5	亞美尼亞	4
83	埃及	3.49	寮國	4
84	亞塞拜然	3.48	摩爾多瓦	4
85	哈薩克斯坦	3.48	納米比亞	4
86	維德角	3.46	牙買加	4
87	不丹	3.44	阿爾及利亞	4
88	波札那	3.42	宏都拉斯	4
89	亞美尼亞	3.42	千里達及托巴哥	3.9
90	宏都拉斯	3.41	柬埔寨	3.9
91	薩爾瓦多	3.41	象牙海岸	3.9
92	尼加拉瓜	3.37	突尼西亞	3.9
93	坦桑尼亞	3.35	阿爾巴尼亞	3.9
94	黎巴嫩	3.35	塞爾維亞	3.9
95	塞爾維亞	3.34	薩爾瓦多	3.9
96	寮國	3.33	尚比亞	3.9
97	伊朗	3.32	塞席爾	3.9
98	盧安達	3.32	多明尼加共和國	3.9
99	蒙古	3.31	肯尼亞	3.9
100	玻利維亞	3.29	尼泊爾	3.9
101	蘇利南	3.28	黎巴嫩	3.8
102	尼泊爾	3.27	吉爾吉斯共和國	3.8
103	科威特	3.26	加彭	3.8
104	圭亞那	3.26	蒙古	3.8
105	柬埔寨	3.24	不丹	3.8
106	阿爾巴尼亞	3.22	阿根廷	3.8
107	尚比亞	3.22	孟加拉國	3.8
108	史瓦濟蘭	3.2	尼加拉瓜	3.8
109	甘比亞	3.2	衣索比亞	3.7
110	委內瑞拉	3.18	塞內加爾	3.7
111	摩爾多瓦	3.16	波士尼亞與赫塞哥維納	3.7
112	塞內加爾	3.14	維德角	3.7
113	巴拉圭	3.11	賴索托	3.7
114	烏干達	3.11	喀麥隆	3.7
115	辛巴威	3.09	烏干達	3.7
116	吉爾吉斯	3.08	埃及	3.7

排名	國家/地區	旅遊競爭力	國家/地區	國家競爭力
117	象牙海岸	3.05	玻利維亞	3.6
118	衣索比亞	3.03	巴拉圭	3.6
119	塔吉克斯坦	3.03	加納	3.6
120	加納	3.01	坦桑尼亞	3.6
121	馬達加斯加	2.99	圭亞那	3.6
122	喀麥隆	2.95	貝寧	3.5
123	阿爾及利亞	2.93	甘比亞	3.5
124	加彭	2.92	奈及利亞	3.5
125	巴基斯坦	2.92	辛巴威	3.5
126	馬拉威	2.9	巴基斯坦	3.4
127	孟加拉國	2.9	馬利	3.4
128	馬利	2.87	史瓦濟蘭	3.4
129	賴索托	2.82	利比亞	3.4
130	莫三比克	2.81	馬達加斯加	3.3
131	奈及利亞	2.79	緬甸	3.3
132	獅子山	2.77	委內瑞拉	3.3
133	海地	2.75	莫三比克	3.2
134	緬甸	2.72	海地	3.2
135	蒲隆地	2.7	馬拉威	3.2
136	布基納法索	2.67	蒲隆地	3.1
137	茅利塔尼亞	2.64	獅子山	3.1
138	葉門	2.62	茅利塔尼亞	3
139	安哥拉	2.6	查德	3
140	幾內亞	2.58	幾內亞	2.8
141	查德	2.43		

資料來源：WORLD ECONOMIC FORUM (2015)

附錄表 4 機型列表

	製造商	機型種類
窄體客機	波音(Boeing)	B737、B757
	空中巴士(Airbus)	A318、A319、A320、A321
	巴西航空工業	ERJ
	福克(Fokker)	Fokker 100
	麥道	MD-80
	英國航太 (BAE system)	Avro RJ、BAe 146
	蘇愷(Sukhoi)	SSJ100
	圖波列夫(Туполев)	Tu154、Tu204
	龐巴迪(Bombardier)	CRJ100、CRJ200、CS300
	Yakovlev	Yak40、Yak42
廣體客機	波音(Boeing)	B747、B767、B777、B787
	空中巴士(Airbus)	A300、A310、A320、A330、 A340、A350、A380
螺旋槳客機	ATR	ATR
	龐巴迪(Bombardier)	Dash8

資料來源：本研究整理